GRIPAVI

Observatoire Zimbabwe 2010

Rapport de l'année 3

Dr. A. Caron

Harare, le 14 Décembre 2010

Table des matières

Introduction 4

Questions de recherche et méthodologie année 3 5

Partie descriptive : 5

Partie analytique : 5

Principaux résultats scientifiques 2010 6

Etat des lieux de l'observatoire fin 2010 7

Compartiment avifaune d'eaux 8

Compartiment « poulets intensifs » 10

Compartiment « autruches d'élevage » 11

Compartiment « poulets de basse cours » 12

Compartiment « espèces relais potentielles » 14

La transversalité « Pathogènes » 15

Protocoles proposés pour 2011 16

Conclusion 18

Chercheurs impliqués sur l'observatoire GRIPAVI Zimbabwe 19

Bibliographie 20

Liste de publications 21

Publications à comité de lecture publiées 21

Publications à comité de lecture soumises 21

Publications à comité de lecture en préparation (par ordre de soumission prévue) 21

Présentations dans des congrès/conferences 23

Posters 24

Participation à des formations techniques (expertise) 24

Annexes 26

Annexe 1 : Activités réalisées avant 2009 (Wat=oiseaux sauvages ; Int= poulet en intensif ; Ost=fermes d'autruches ; Bac=poulets de basse-cours) 27

Annexe 2 : Activités réalisées en 2009 28

Annexe 3: Article publié dans Infection, Genetics and Evolution en 2009 29

Annexe 4: Article publié dans EcoHealth en 2010 30

Annexe 5: Article publié dans Ecology & Society en 2010 31

Annexe 6 : Activités réalisées en 2010 32

Annexe 7 : Plan de thèse de J. Mundava, NUST, thésarde GRIPAVI 33

Annexe 8 : Résultats du protocole de terrain de la candidate en thèse de l'Université de Bulawayo 40

Annexe 9 : Profil viral de l'AIV dans les populations de canards et d'oiseaux sauvages de l'écosystème Chivero-Manyame (c) en relation avec le niveau des lacs et la composition de la communauté d'oiseaux présents (a) et avec une indication de la représentativité de l'échantillon (b) (tiré de l'article publié dans EcoHealth) 41

Annexe 10 : Courbes de risque : en pointillé rouge, la courbe de risque de circulation de souche AIV dans le compartiment sauvage ; en pointillé mauve, la courbe de risque d'introduction de souches AIV dans l'écosystème ; chaque courbe pleine indique la courbe de risque d'interaction d'un compartiment domestique avec le compartiment sauvage. 42

Annexe11 : Tables d'identification des espèces relais potentielles pour chaque pic de risque d'interaction des 3 compartiments domestiques (en surligné les espèces ou espèces équivalentes échantillonnées en 2010) 43

Annexe 12 : rapport de mission du Dr. Gaidet en février 2010 au Zimbabwe 44

Annexe 13 : Activités prévues en 2011 48

Annexe 14: Termes de Référence pour Ngoni Chiweshe, assistant de recherche GRIPAVI en 2011 49

Annexe 15 : Plan de thèse et état au 12 décembre 2010 de la thèse d'A. Caron 50

Annexe 16: Résumé présentation OWOH, Melbourne, Australia, 02.2011 52

Annexe 17: Résumé présentation OWOH, Melbourne, Australia, 02.2011 53

Annexe 18: Résumé présentation 10th AHEAD meeting, Hazyview, South Africa, 03.2010 54

Annexe 19: Résumé poster ECOLIGIE meeting, Montpellier, 08.2010 55

Annexe 20: Résumé poster ECOLIGIE meeting, Montpellier, 08.2010 56

Introduction

Cet observatoire a bénéficié du projet Mesures d'Urgences dès le début 2007. Ses activités ont donc commencé plus tôt que dans les autres observatoires et fin 2008 la deuxième année de travail sur ces thématiques dans cet écosystème s'est achevée.

Les résultats de collecte de données fin 2009 étaient (voir annexe 1&2):

- 18 missions de comptage et capture d'oiseaux sauvages ont été réalisées avec succès ;
    - 888 comptages de 30mn (soit 444 heures d'observations) ont été réalisés;
- A la rédaction de ce rapport (décembre 2010) plus de 2000 oiseaux sauvages pour 99 espèces ont été capturés dont 1800 ont été bagués;
- Des questionnaires préliminaires ont été réalisés dans tous les élevages de poulet industriel, d'autruches et de basse-cours ;
- 12 missions de comptage d'oiseaux sauvages dans les élevages domestiques (sur 19 sites jusqu'en Mai 2009 puis sur 7 sites) ont été réalisés avec succès;
- 3600 oiseaux domestiques (poules et autruches) ont faits l'objet de prélèvements sanguins et des prélèvements cloacaux et trachéaux ont été réalisés en parallèle.

Les résultats des prélèvements PCR sur oiseaux sauvages avaient été remis par l'ARC-OVI. Toutes les données ont été rentrées dans une base de données Access et étaient en cours d'analyse descriptive.

Une première publication représentant le premier chapitre de thèse de A. Caron a été accepté dans le journal « Infection Genetics and Evolution » (IF>3 ; (Caron et al. 2009) ; annexe 3).

Relâché de canard à bec rouge après prélèvements et bagage

Questions de recherche et méthodologie année 3

Le modèle théorique de l'observatoire GRIPAVI Zimbabwe a été longuement détaillé dans le rapport de l'année 1 (Caron 2008, CIRAD 2008, 2009). Les questions de recherche précises qui y sont adressées sont les suivantes :

Partie descriptive :

1.1 Quels sont les profils annuels de composition des communautés sauvages sur les lacs étudiés ?

1.2 Quels sont les profils annuels virologiques (AIV & NCDV & West Nile) dans les populations sauvages et domestiques étudiées ?

1.3 Quelles sont les dynamiques de population dans le compartiment de basse-cours ?

1.4 Les espèces identifiées comme espèces relais potentielles par des facteurs écologiques le sont-elles effectivement ?

Partie analytique :

2.1 Peut-on développer un modèle de facteurs de risque basé uniquement sur des variables écologiques pouvant décrire le risque de transmission d'un pathogène de la communauté sauvage vers chacun des 3 compartiments domestiques ?

2.2 Les interactions épidémiologiques mises en évidence par l'étude des communautés d'hôtes sont-elles capables de prévoir les dynamiques virologiques de différents pathogènes ?

2.3 Existe-t-il des patterns de co-infection ou de compétition au sein des populations d'hôtes entre les différents pathogènes étudiés ?

Lieu de repos pour un groupe de dendrocygnes veufs sur les rives du lac Manyame

Principaux résultats scientifiques 2010

Les données pour répondre aux questions **1.1, 1.2 et 1.3** à l'exception de la réalisation des analyses West Nile sont toutes collectées mais des protocoles en continu se poursuivent avec une moindre intensité comme prévu dans le concept d'observatoire.

Un article publié en 2010 répond aux questions **1.1 et 1.2** (Caron et al. 2010a)(Troisième chapitre de thèse de A. Caron, annexe 4). Cet article présente pour la première fois la persistance de souche LPAI dans un écosystème africain pendant plus d'une année (avec des prélèvements tous les 2 mois). Ces résultats ont été mis en perspective avec la composition des communautés d'oiseaux sauvages et confirment que les écosystèmes africains peuvent jouer un rôle dans l'épidémiologie de la grippe.

La question **2.1** est adressée dans un article publié en 2010 (Caron et al. 2010b) (Deuxième chapitre de thèse de A. Caron, annexe 5) dans un numéro spécial du journal Ecology & Society. Suite aux études préliminaires réalisées sur les oiseaux sauvages et l'AIV en Afrique (Gaidet et al. 2006, Gaidet et al. 2007), une question fondamentale sur le profil annuel de circulation des AIV dans ces populations s'est posée. Cet article tente d'utiliser des facteurs de risque écologiques dynamiques et non-dynamiques pour estimer le risque de circulation de souches AIV dans la communauté d'oiseaux sauvages et le risque de transmission de ces souches vers chacun des compartiments domestiques. Il concluit à l'identification d'espèces relais potentielles entre les compartiments sauvages et domestiques qui ont fait l'objet de protocoles particuliers dès la fin 2009.

En 2010, les quatre principales espèces relais identifiées dans l'article ci-dessus ont été prélevées à la période de l'année où elles présentaient le plus gros risque. Les résultats de ces prélèvements (en cours d'analyse à l'ARC-OVI) permettront de répondre à la question **1.4.**

Pour répondre à la question **1.3**, la deuxième année de récolte de données de capture-recapture sur poulets de basse-cours a été réalisée et les analyses sont en cours avec Dr. V. Grosbois.

Un article en cours de rédaction pour la thèse de A. Caron (rédaction terminée en cours de correction par co-auteurs) permettra d'explorer la question **2.2** en intégrant données écologiques et épidémiologiques.

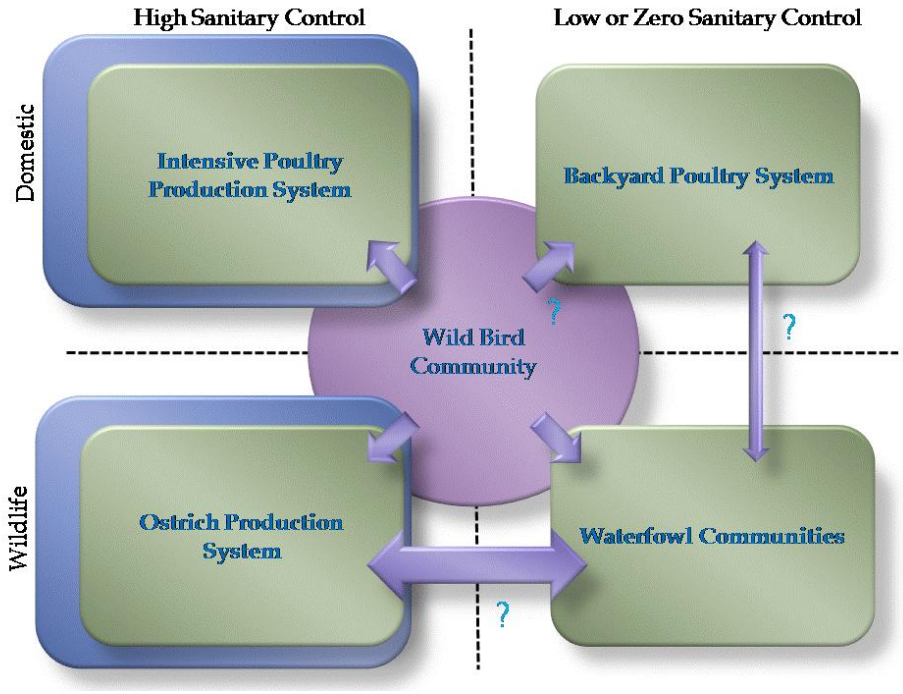
Enfin, début 2011, l'ensemble des sérologies pour les analyses West Nile seront envoyées en France afin d'avoir un troisième pathogène pour explorer la question **2.3.**

Une couvée de Red-knobbed Coot, Lac Chivero

Etat des lieux de l'observatoire fin 2010

Fin 2010, la partie descriptive de chacun des compartiments, tant du point de vue écologique que du point de vue épidémiologique a été réalisée et est en cours d'analyse et de publication. Qui plus est, des protocoles de comptage et de prélèvements continuent à moindre intensité afin de constituer une base de données pluriannuelle qui permettra d'explorer le rôle de la variation interannuelle dans l'écologie virale au sein des populations aviaires. Un rappel du modèle conceptuel du site d'étude est prsenté ci-dessous. Les activités de terrain réalisées en 2010 sont présentées en annexe 6.

Encadré 1 : Modèle proposé pour le système des lacs Manyame – Chivero : 4 compartiments (rectangle vert) aviaires sont présents dans l'écosystème avec des degrés de contrôle sanitaire et des types d'espèces aviaires différents ; ces compartiments sont en contact avec des communautés d'oiseaux sauvages présents en leur sein ou dans leur périphérie ; l'objectif de ce modèle est d'identifier les contacts potentiels directs ou indirects.



Compartiment avifaune aquatique

Deux années de récolte des données ont été réalisées de mai 2007 à mars 2009 : en tout 12 missions de comptage et capture ont permis de réaliser :

- **360 heures d'observation** des communautés d'oiseaux d'eau

- **2159 oiseaux sauvages concernant 101 espèces** ont été capturés, comprenant 1975 oiseaux échantillonnés et 184 recaptures directes non ré-échantillonnées ; pour chaque oiseau, 2 écouvillons cloacaux et 2 écouvillons trachéaux ont été collectés ; un frottis sanguin ; des plumes et des données biométriques classiques.

A la fin de ce premier protocole en mars 2009, le protocole de comptage s'est poursuivi

- Les résultats PCR pour AIV ont été quasiment tous envoyés par l'ARC-OVI au responsable de l'observatoire et les résultats ont été publiés ou sont en cours de publication (annexe 4). Au moins pour les 10 premières sessions de prelevements, la prévalence AIV est non nulle montrant une persistance des virus AIV tout au long de l'année dans un écosystème africain (fait jamais encore démontré) ; les espèces les plus touchées sont les Canards à bec rouge (*Anas erythrorhyncha*), les Dendrocygnes veufs (D*endrocygna viduata*) et les Jacanas africains (*Actophilornis africanus*). Ce sont aussi les espèces les plus echatillonnées ; aucun isolement n'a pu être effectuée à partir de ces prélèvements.

- Les résultats PCR pour NCD ont été envoyés par l'ARC-OVI en cours d'année 2010. Les analyses auront lieu début 2011. Le nombre d'échantillons positifs est plus faible que pour les AIV mais il semble que la saisonnalité reste la même. Aucun isolement n'a été réalisée.

Un jacana africain contraint de poser pour une photo de ces ailes

Une première analyse des données de comptage montre une variation des populations d'oiseaux corrélées avec la pluviométrie de l'année précédente et le niveau des lacs (qui offrent en s'asséchant des niches alimentaires propices aux oiseaux d'eau. Suite à ces premiers résultats et au vu de la saison des pluies 2008-2009 qui semble contrastée par rapport à celles de 2006-2007 et 2007-2008, nous avons décidé de continuer les comptages sur les sites les plus représentatifs (7 en tout) tous les 2 mois et couplés ceux ci avec des comptages dans les compartiments domestiques (cf ci-dessous). En parallèle, des comptages totaux des lacs ont continué jusqu'en Avril 2010 (contrat avec experts en ornithologie).

Afin de permettre de mettre en place d'autres protocoles, les sessions de capture et prélèvements ont été arrêtées après 2 ans de suivi longitudinal, en mars 2009. Cependant, 3 séances de capture par an ont été maintenues afin de continuer à suivre l'évolution de la circulation du virus et de valider en continu le modèle proposé (cf programme des activités en 2010, annexe 6). En sus de ce protocole de routine, un protocole spécial concernant les espèces de cormorans présentes sur le site a été réalisé en Décembre 2010. En effet, ces espèces d'oiseaux n'avaient pas été échantillonnées pendant les protocoles longitudinaux malgré une forte présence dans la communauté d'avifaune. Tous les résultats se sont avérés négatifs pour l'AIV et la NCD (n=123 échantillons fécaux récoltés au sol).

Mademoiselle Mundava, thésarde à l'Université de Bulawayo (NUST) et enregistrée en thèse depuis le début de l'année 2008 a proposé en Octobre 2009 un plan de thèse détaillé (annexe 7) qui a été discuté lors d'une réunion avec les principaux superviseurs (à l'exception du Dr. N. Gaidet) le 22 Octobre 2009. Le passage du Dr. Gaidet au Zimbabwe en février 2010 a permis de rediscuter et d'adapter les protocoles de cette thèse. Les 2 premiers chapitres de sa thèse reposent sur des analyses des bases de données et un travail bibliographique et portent sur :

1) L'évolution des communautés d'oiseaux d'eau à partir d'une base de données de 10 ans, leur relation avec des données environnementales et les hypothèses de circulation des virus AIV basées sur ces facteurs écologiques (article en préparation ; soumission prévue premier trimestre 2011)

2) La modélisation des dynamiques de populations des principales espèces d'oiseaux d'eau en fonction de la proportion de juvéniles dans la population ; ce modèle sera discuté en fonction de la probabilité de maintenance et de dissémination des virus AIV au Zimbabwe (article en préparation ; soumission prévue premier semestre 2011).

Relevé des cages dans la fraicheur du petit matin

Pour son troisième chapitre, la thésarde a mis en place des protocoles pour étudier le rôle des juvéniles dans la circulation des virus. Il a donc été décidé, à partir de l'étude des cartes de reproduction (chaptitre2) d'ajouter un site d'étude de la reproduction hors observatoire. La reproduction des espèces clés ne se fait en effet pas sur le site d'étude Chivero-Manyame. Les sites de Hwange (National Park) et de Mana Pools (National Park) ont donc fait l'objet de prélèvements de fèces au sol tout au long de l'année en complément de sessions de prélèvements sur les lacs Chivero et Manyame (cf ci-dessus et annexe 6 et annexe 8). L'ensemble de ces activités de terrain ont été réalisées avec succès pour un total de 1637 oiseaux prélevés. La plupart des prélèvements ont été déposés à l'ARC-OVI en Afrique du Sud et les résultats devraient être disponibles fin 2010, début 2011. Le dernier envoi d'échantillons se déroulera en janvier 2011.

En conclusion, le volet avifaune a bénéficié d'un volet de comptage et prélèvements intensifs pendant 2 ans qui a permis de mettre en évidence des profils viraux originaux dans cet écosystème (cf annexe 9). L'ajout de 2 années de suivi et de prélèvements (avec des protocoles moins intensifs, moins de sites de comptage, 3 points de prélèvements par an au lieu de 6) permettra de valider ou non les hypothèses de persistance et de maintenance des virus AIV et NCD dans cet écosystème.

Compartiment « poulets intensifs »

Rien de nouveau dans ce compartiment en 2010

Ce compartiment se caractérise par un cycle très court (42 jours de production) et un niveau d'interface entre les poulets intensifs et les oiseaux sauvages minimum. Cependant, au cours des comptages autour des bâtiments d'élevage il a été observé plusieurs fois des poulets échappés des bâtiments en contact avec des oiseaux sauvages et des oiseaux sauvages à l'intérieur des bâtiments d'élevage. Le risque de contacts et donc de transmission est donc présent.

Day-old chicks just delivered in an intensive poultry farm

Dans ce compartiment on été réalisés :

- 6 séances de comptages sur 7 sites de Juin 2008 à Avril 2009 correspondant à **84 heures d'observation** (mais des comptages réguliers continus dans certains de ces sites) ;

- **500** poulets ont été échantillonnés en 08/08, 12/08 et 05/09 respectivement à des âges de 5 semaines (poulets de chair), 53 semaines (pondeuses) et 21 semaines (pondeuses). Tous les échantillons se sont révélés **négatifs pour la sérologie AIV** ; ces animaux sont **vaccinés contre la NCDV** et donc la sérologie de détection de ce virus s'est avérée **fortement positive (en moyenne 93%)** ; tous ces oiseaux ont été prélevés en écouvillons trachéaux et cloacaux et certains ont été analysés **en PCR** ; les résultats venant d'arriver, il semble qu'une **faible prévalence existe** (analyse en cours). Les tests PCR NCDV sont en cours.

Les activités dans ce compartiment (à part les comptages) se sont arrêtées fin 2009.

Compartiment « autruches d'élevage »

Rien de nouveau dans ce compartiment en 2010 mais cf fin paragraphe article en cours

Comme décrit dans le rapport de l'année 1, ce compartiment est semi-extensif. Il est donc intéressant puisque les contacts entre oiseaux sauvages et de production sont potentiellement importants.

Cependant, à cause de la situation économique dans le pays, le secteur élevage d'autruche dans la région des lacs Chivero et Manyame s'est arrêté fin 2008. L'ensemble des animaux a été abattu fin 2008 et début 2009. A cette occasion, l'équipe a pu prélever ces oiseaux à l'abattoir. Le bilan des activités sur ce secteur est donc arrêté à :

- 6 séances de comptages sur 6 sites (3 élevages) de Juin 2008 à Avril 2009 correspondant à **72 heures d'observation** (les dernières sessions se sont donc faites avec très peu ou pas d'oiseaux sur la ferme) ;

- **500 autruches prélevées** en sang; 300 autruches de chair (11 mois avant abattage) au niveau du pays et 200 autruches de reproduction (entre 5 et 6 ans) lors des abattages du début 2009 (prélevées aussi en écouvillons); **2% de séroprévalence AIV** ont été trouvés sur le premier lot de 300 et **34% de séroprévalence AIV** sur le 2ème lot ; ces différences reflètent sûrement la différence dans l'âge des animaux.

Elevage d'autruche en semi-extensif

Des discussions avec C. Abolnik de l'ARC-OVI ont abordé le cas de la West Nile. Il semble que dans les élevages d'autruches sud-africains, ce virus circule sans que ce ne soit officiellement déclaré pour l'instant. Des discussions sont toujours en cours pour développer un projet Afrique du Sud – Zimbabwe sur la West Nile dans les Autriches.

Les résultats sérologiques sur ces autruches semblent indiquer une forte exposition au virus AIV. La relation entre structure des âges de la population d'autruche testée et la séropositivité est en accord avec une exposition régulière et constante à des virus AIV. Cette exposition pourrait provenir des contacts avec les oiseaux sauvages fréquentant les fermes d'élevage. Une fois les résultats sanguins confirmés (ils ont été testés par un kit en développement à l'ARC-OVI), un article sera publié en utilisant ces résultats (article 13 dans la liste des publications).

Compartiment « poulets de basse cours »

Ce compartiment est a priori le plus intéressant en termes de contact sauvage/domestique. En effet, les poulets de basse-cours sont laissés en divagation pendant la journée dans et autour des villages-compounds. C'est donc le compartiment qui a fait et fait encore l'objet du plus gros effort d'activités. En résumé :

- 6 séances de comptages sur 6 sites de Juin 2008 à Avril 2009 correspondant à **72 heures d'observation.** Des comptages réguliers continuent dans certains de ces sites et ce jusqu'à la fin du projet;

- **1935 poulets prélevés** (sang + écouvillons stockés) ; plus de 650 de ces échantillons ont été prélevés en 11/08 pour tester la relation entre séroprévalence AIV et distance par rapport au lac. Malheureusement, toutes les sérologies se sont avérées **négatives pour AIV**. Les sérologies NCDV ont détectées des séroprévalences élevées, justifiées parfois par une vaccination (élevage en périphérie des élevages d'autruches qui effectuaient des vaccinations 2 fois par an dans un périmètre de 10kms) : **80,3% (n=254) de séroprévalence NCDV chez les poulets vaccinés et 79,5% (n=648) chez les poulets non vaccinés**. Des enquêtes de terrain ont été réalisées afin de confirmer que les poulets non-vaccinés ne l'étaient pas. Il semble qu'aucun éleveur n'ait vacciné ses poulets contre quoi que ce soit pendant la période de l'étude. Certains résultats de PCR viennent d'être envoyés par l'OVI et **la positivité PCR est très faible mais non nulle dans ce compartiment pour AIV**.

- Un **protocole de capture/recapture** (**CMR**) a été mis en place depuis le 11/08 ; **200 poulets** dans 2 élevages . Des animaux ont été initialement bagués et sont « recapturés » tous les mois depuis ; la population de poulets bagués est maintenue à 200 et ils sont prélevés 3 fois par an pour suivre leur statut sanitaire (AIV, NCDV et West Nile). Ce protocole s'arrête en décembre 2010 après 2 années de « recapture mensuelles » et 6 sessions de prélèvements. Ce protocole permettra de déterminer avec précision les paramètres de dynamiques de populations dans ces élevages. Une base de données est mise à jour tous les mois. Le Dr. Grosbois a commencé l'analyse de cette base de données avec des outils CMR et un article devrait être produit dans le courant de l'année prochaine (article 7 dans la liste des publications).

Poulets de basse-cours bagués dans un village

- **Un protocole de capture/recapture sur foyer NCDV** a aussi été réfléchi avec V. Grosbois afin d'intervenir potentiellement sur foyer (l'équipe avait été informé en 2008 de foyers dans le site d'étude). En cas d'information sur des mortalités importantes, des séances de capture de 3 jours consécutifs seront réalisées à une semaine d'intervalle, l'objectif étant de déterminer les paramètres de

transmission du virus dans la population (estimation du R0). Cependant, en 2009 et en 2010, aucune information de foyer ne nous a été transmise.

Prélèvement et bagage sur poulet de basse-cours inclus dans le protocole de capture-recapture

Compartiment « espèces relais potentielles »

A la suite de l'année de comptage dans les compartiments domestiques et sauvages, les communautés en présence ont été analysées suivant un protocole utilisant les présence/absence de chaque espèce mais aussi les facteurs de risque dynamiques et non-dynamiques (approche développée dans le 2ème chapitre de thèse de A. Caron- cf ci-dessus). Ainsi une courbe annuelle de risque d'interaction entre chaque compartiment domestique et le compartiment sauvage a pu être mise en relation avec la courbe de risque de circulation des AIV dans le compartiment sauvage (encore une fois basé uniquement sur des critères écologiques et non épidémiologiques). Ces courbes (annexe 10) permettent de mettre en évidence pour chaque compartiment domestique les périodes de l'année les plus à risque d'être contaminée par le compartiment sauvage. Les 2 pics d'interaction pour chaque compartiment domestique ont été étudiés et des espèces potentielles relais ont été identifiées (les 4 espèces les plus représentées dans les interactions entre compartiments (annexe 11).

Cette approche permet de mettre en place un programme d'échantillonnage sur ces espèces potentiellement relais afin de confirmer ou non ce rôle épidémiologique. Ces protocoles « relais » ont commencé fin 2009 et se sont achevés en Septembre 2010. Les résultats de ces sessions de capture sont :

- En décembre 2009, 105 Pigeons domestiques en liberté autour d'un élevage intensif de poulets ont été prélevés. Tous les réusltats AIV et NCD se sont avérés négatifs.

- En février 2010, 205 hirondelles (dont plus de la moitié sont des hirondelles migratrices en provenance d'Eurasie, *Hirundo rustica,* l'autre espèce étant une espèce locale, *Riparia paludicola*) ont été capturées et prélevées avec l'aide du Dr. Gaidet venu

en appui à ce protocole et à la thésarde Zimbabwéenne (rapport en annexe 12). Les résultats devraient être reçus en fin d'année 2010.

Héron garde-bœufs capturés par l'équipe : cette espèce a été identifiée comme une espèce relai potentielle

- En Avril 2010, 166 fèces de héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*) ont été prélevés au sol. Les résultats devraient être reçus début 2011.

- En Septembre 2010, 205 red-billed quelea (*quelea quelea*) ont été capturés et prélevés. Les résultats devraient être reçus début 2011. (Nous nous attendions à voir ces oiseaux plus tôt dans l'année, mais les pluies tardives de 2010 ont retardé leur arrivée).

L'ensemble de ces résultats sur les espèces relais potentielles devraient être disponibles en début d'année 2011 et une publication devrait suivre. En fonction des premiers résultats, il est prévu de refaire des sessions de prélèvements sur ces espèces relais potentielles.

La transversalité « Pathogènes »

L'objectif scientifique final de cet observatoire est de quantifier les interactions épidémiologiques entre les différents compartiments qu'ils soient sauvages ou domestiques afin de prédire le comportement de souches fortement pathogènes lors d'une émergence. Comme prévu, les résultats de comptage réalisés dans les compartiments sauvages et domestiques permettent de mettre en évidence des interactions d'hôtes (espèces relais) entre les différents compartiments. Cette première approche qualifiée d' « approche hôtes » peut-être renforcée par une « approche pathogènes ». En effet les modes de contamination de différents pathogènes exigent des contacts entre hôtes, directs ou indirects. Ces contacts peuvent être inférés *a posteriori* à partir des résultats de prévalence sur les souches LPAI mais aussi d'autres pathogènes comme la maladie de Newcastle, la West Nile ou le cholera aviaire. L'ensemble de ces informations peut permettre d'identifier les grandes voies de transmission dans

l'écosystème et permettre de modéliser pour contrôler les interactions épidémiologiques entre les différentes populations aviaires. Cette seconde approche a fait l'objet d'une intense réflexion en 2010 qui devrait permettre la soumission d'un article (dernier chapitre de thèse d'A. Caron) avant la fin 2010. De nombreuses communications orales et posters ont déjà été réalisés sur cette thématique (Liste des publications)

C'est pourquoi en addition des virus AI et NCD, il a été décidé d'ajouter le diagnostique du virus de la West Nile et le maximum d'autres pathogènes. La collaboration avec le FPI permettra d'accéder au diagnostique d'autres pathogènes.

Protocoles proposés pour 2011

L'ensemble des comptages et des prélèvements proposés pour 2011 sont en annexe 13 et ont été discutés dans les paragraphes précédents.

En résumé, **les activités de terrain prévues pour 2011** sont :

- 6 sessions de comptages sauvages et domestiques (tous les 2 mois) dans 15 sites pour compléter le suivi longitudinal commencé en mai 2007.

- 3 sessions de prélèvements sur les oiseaux sauvages de l'écosystème Manyame-Chivero pour compléter une 4ème année de données épidémiologique.

- En fonction des résultats des premières sessions de prélèvements sur les espèces relais, d'autres sessions pourraient être à prévoir.

Les **analyses prévues pour 2011** :

- Des analyses sérologiques AIV (2 kits maximum) sur les échantillons récoltés en 2010 et en 2011.

- Des analyses PCR sur les échantillons oiseaux sauvages prélevés en 2011

- Des analyses sérologiques WNV sur les échantillons oiseaux sauvages (non imputées sur GRIPAVI).

D'un **point de vue scientifique**, il a été négocié **pour 2011** :

- Au moins deux articles dans des journaux à facteur d'impact et un article de vulgarisation sur le projet dans un journal ornithologique Zimbabwéen devront être écrits par Ngoni Chiweshe, l'assistant de recherche de GRIAPVI au Zimbabwe et qui a

déjà écrit dans des journaux à facteur d'impact (cf TdR en annexe 14 et article 8 & 9 dans liste de publications non soumises).

- Au moins deux articles en premier auteur pour J. Mundava (articles 5 & 6 dans liste de publications non soumises).

- Au moins 3 articles en premier auteur pour A. Caron (derniers chapitres de thèse) (cf. plan de thèse en annexe 15, 1, 3 & 4 dans liste de publications non soumises).

- Fruit de la collaboration avec le FPI et le projet GAINS-SA, un certain nombre de publication devraient voir le jour l'année prochaine : un article sur l'écologie de la grippe aviaire en Afrique Australe à déjà été soumis ; 3 autres dirigés par des étudiants du FPI pourront voir le jour en 2011 (cf. titres provisoire dans la liste des publications ci-dessous 10, 11 & 12).

Afin de **conclure le projet GRIPAVI au Zimbabwe** :

- 2 sessions de restitution dans les villages du protocole poulet de basse-cours (logistique et organisation N. Chiweshe)

- 1 session nationale sur Harare, d'une demi-journée pour les principaux partenaires et les personnes ayant contribuées au projet.

Conclusion

En 2010, le projet GRIPAVI au Zimbabwe a continué ses protocoles de routine de comptage et d'échantillonnage des populations sauvages. D'autres protocoles ont été complétés et achevés (protocole CMR sur poulet de basse-cours et protocoles espèces relais).

La candidate en thèse Zimbabwéenne a réalisé toutes ces activités de terrain en 2010 et garde 2011 comme année de rédaction. Le candidat en thèse français conclut sa thèse fin 2010 et la soutiendra à l'université de Pretoria en Avril 2011.

En 2010, 2 articles à facteur d'impact ont été publiés apportant à la communauté scientifique et technique des données inédites en Afrique. Il reste cependant un important travail de valorisation en 2011.

Coucher de soleil sur le lac Manyame

Chercheurs impliqués sur l'observatoire GRIPAVI Zimbabwe

- **Dr. C. Abolnik**, appui laboratoire, OVI, South Africa

- **Prof. E. Cameron**, superviseur d'A. Caron, MRI, Uni. Of Pretoria, South Africa

- **Dr. A. Caron**, coordinator of the Zimbabwe Observatoire, UR AGIRs, CIRAD, France

- **Dr. V. Chevalier**, appui compartiments domestiques et West Nile, UR AGIRs, CIRAD, France

- **Prof. G. Cumming**, appui compartiment sauvage, FPI, Uni. Of Cape Town, South Africa

- **Dr. M. de Garine-Wichatitsky**, appui scientifique, UR AGIRs, CIRAD, France

- **Dr. N. Gaidet**, appui compartiment sauvage, UR AGIRs CIRAD, France

- **Miss J. Mundava**, étudiante thésarde GRIPAVI, NUST, Zimbabwe

- **Prof. P. Mundy**, superviseur de J. Mundava, NUST, Zimbabwe

Héron goliath sur les rives du lac Chivero

Bibliographie

Caron, A. 2008. Rapport annuel d'activités GRIPAVI 1: Observatoire Zimbabwe. CIRAD, Montpellier.

Caron, A., C. Abolnik, J. Mundava, N. Gaidet, C. E. Burger, B. Mochotlhoane, L. Bruinzeel, N. Chiweshe, M. de Garine-Wichatitsky, and G. S. Cumming. 2010a. Persistence of Low Pathogenic Avian Influenza Virus in Waterfowl in a southern African Ecosystem. EcoHealth.

Caron, A., M. de Garine-Wichatitsky, N. Gaidet, N. Chiweshe, and G. S. Cumming. 2010b. Estimating dynamic risk factors for pathogen transmission using community-level bird census data at the wildlife/domestic interface. Ecology and Society **15**:25.

Caron, A., N. Gaidet, M. de Garine-Wichatitsky, S. Morand, and E. Z. Cameron. 2009. Evolutionary biology, community ecology and avian influenza research. Infection, Genetics and Evolution **9**:298-303.

CIRAD. 2008. Rapport annuel d'activités GRIPAVI (Sept 2007 - Sept 2008). CIRAD, Montpellier.

CIRAD. 2009. Rapport annuel d'activités GRIPAVI (Novembre 2008 - Novembre 2009). CIRAD, Montpellier.

Cleaveland, S., M. K. Laurenson, and L. H. Taylor. 2001. Diseases of humans and their domestic mammals: Pathogen characteristics, host range and the risk of emergence. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B Biological Sciences **356**:991.

de Garine-Wichatitsky, M., A. Caron, C. Gomo, C. Foggin, D. Pfukenyi, K. Dutlow, S. Hargreaves, S. Le Bel, E. P. Lane, M. Hofmeyr, and A. Michel. Spread of wildlife tuberculosis across the Great Limpopo Transfrontier Conservation Area? **Submitted**.

Gaidet, N., T. Dodman, A. Caron, G. Balança, S. Desvaux, F. Goutard, G. Cattoli, W. Hagemeijer, and F. Monicat. 2006. Influenza A viruses in waterbirds in Africa. Emerg Infect Dis **13**:626-629.

Gaidet, N., T. Dodman, A. Caron, G. Balança, S. Desvaux, F. Goutard, G. Cattoli, V. Martin, A. Tripodi, F. Lamarque, W. Hagemeijer, and F. Monicat. 2007. Influenza Surveillance in Wild Birds in Eastern Europe, the Middle East, and Africa: Preliminary Results from an Ongoing FAO-led Survey. Journal of Wildlife Diseases **43**:S22-S28.

Jones, K. E., N. G. Patel, M. A. Levy, A. Storeygard, D. Balk, J. L. Gittleman, and P. Daszak. 2008. Global trends in emerging infectious diseases. Nature **451**:990-994.

Taylor, L. H., S. M. Latham, and M. E. J. Wolhouse. 2001. Risk Factors for human disease emergence. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci **356**:983-989.

Liste de publications

Publications à comité de lecture publiées

- **Caron, A., Abolnik, C., Mundava, J., Gaidet, N., Burger, C.E., Mochotlhoane, B., Bruinzeel, L., Ngoni, C., de Garine-Wichatitsky, M., Cumming, G. S..** Persistence of Low Pathogenic Avian Influenza Virus in Waterfowl in an African Ecosystem. EcoHealth DOI: 10.1007/s10393-010-0356-4 (annexe 4)

- **Caron, A., de Garine-Wichatitsky, M., Gaidet, N., Chiweshe, N., Cumming, G. S.** Estimating dynamic risk factors for pathogen transmission using community-level bird census data at the wildlife/domestic interface. Ecology & Society 15(3):25. (annexe 5)

- **Caron, A., Gaidet N., de Garine-Wichatitsky, M., Morand, S., Cameron, E.** Evolutionary Biology, Community Ecology and Avian Influenza Research. Infections, Genetics & Evolution, 9: 298-303. DOI information: 10.1016/j.meegid.2008.12.001 (annexe 3)

Publications à comité de lecture soumises

- **Cumming, G. S., Caron, A., Abolnik, C., Catolli, G., L.W. Bruinzeel, C.E. Burger, K. Cecchettin, N. Chiweshe, B. Mochotlhoane, G.L. Mutumi, M. Ndlovu**. The ecology of Influenza A viruses in wild birds in southern Africa. (*Submitted to EcoHealth)*

- **Caron, A., de Garine-Wichatitsky, M., Morand, S.** Using the community of pathogens to infer inter-specific host epidemiological interactions at the wildlife/domestic interface. "New Frontiers in Molecular Epidemiology of Infectious Diseases". Morand, S., Beaudeau F., Cabaret J. (Eds). Submitted to editors)

Publications à comité de lecture en préparation (par ordre de soumission prévue)

1 Caron, A., Morand, S. and de Garine-Wichatitsky, M. Ecology of disease transmission in multi-hosts systems *In prep.* (submission late 2010).

2 Gaidet, N., Caron, A. Cappelle, J., Balança, G., Mundava, J., Fofana, B., Hammoumi, S., Gil, P., Cattoli, G.? Abolnik, C., Fereidouni, S.R., ould Elmamy, B., Hagemeijer, W., Mondain-Monval, J.Y., Tran, A., Grosbois, V., Cumming, G.S., Triplet, P., Newman, S.H., Dodman, T. Ecological drivers of avian influenza virus infection in wildfowl in Afrotropical regions. *In prep.* (submission late 2010).

3 Caron, A., de Garine-Wichatitsky, M., Ndlovu, M., Cumming, G. Exploring Avian communities and AIV ecology in Southern Africa using the epidemiological functional group concept *In prep.* (submission first trimester 2011)

4 Caron, A., Etter, E. et al. Risk of diffusion of a Highly Pathogenic Avian Influenza virus between wild and domestic avian compartments through wild birds. *In prep.* (submission first trimester 2011)

5 Mundava, J., Caron, A., de Garine-Wichatitsky, M., Gaidet, N., Mundy, P. Trends in community composition of waterfowl at 2 neighbouring lakes in Zimbabwe: determinants and relation to introduction and maintenance of AIV in the system. *In prep.* (draft circulated, submission first semester 2011)

6 Mundava, J., Caron, A., de Garine-Wichatitsky, M., Gaidet, N., Mundy, P. Temporal variation of waterfowl dynamics related to age of birds in relation to AIV epidemiology. *In prep.* (submission first semester 2011)

7 Grosbois, V. & Caron, A. A capture-recapture protocol to explore population dynamics of backyard chicken and AIV and NCD in the avian compartment. *In prep.* (submission first semester 2011)

8 Chiweshe, N., Caron, A., Mundy, P. Wader biodiversity and population dynamics in a Zimbabwean wetland (submitted by June)

9 Chiweshe, N., Caron, A., Mundy, P. Study on population dynamics of African Jacana in an ecosystem of Southern Africa (submitted by September)

10 Ndlovu, M., Cumming, G. S., Hockey, P. A. R., Caron, A., et al. Numeric and life-history responses of African waterfowl to rainfall and primary production. *In prep.* (submission first semester 2011).

11 Henry, D., Cumming, G. S., Caron, A. et al. Ecological traits as predictors of cross-scale temporal abundance in waterbirds communities. *In prep.* (submission first semester 2011)

12 Mutumi, G., Cumming, G. S., and Caron, A. Using stable isotope ratios to determine moulting locations of waterfowl: sources of variation. *In prep.* (submission first semester 2011).

13 Caron, A., Abolnik, C., Chiweshe, N., Foggin, C. et al. Serosurvey in farmed ostrich in Zimbabwe. (need retesting) (submission late 2011).

14 Caron A., Gaidet N. Abolnik, C. , Cumming, G.S. et al. Bridge species and AIV (submission late 2011).

Présentations dans des congrès/conferences

2011

- **Caron, A., de Garine-Wichatitsky, M., Morand, M.** Parasite community ecology and epidemiological interactions at the wildlife/domestic/human interface: can we anticipate emerging infectious diseases in their hotspots? "One World, One Health" conference, Melbourne, Australia, 14-16 February 2011. (annexe 16)

- **Caron, A., de Garine-Wichatitsky, M., Gaidet, N., Abolnik, C., Cumming, G. S.** Estimating and validating a dynamic risk factor model for pathogen transmission using community-level bird census data: avian influenza at the waterfowl/domestic bird interface in Zimbabwe. "One World, One Health" conference, Melbourne, Australia, 14-16 February 2011. (annexe 17)

2010

- **Caron, A., Morand, S., de Garine-Wichatitsky, M.** 2010. Using the community of pathogens to infer inter-specific host epidemiological interactions at the wildlife/domestic interface: a tool for exploring and anticipating emerging disease processes in their hot spots. 10th AHEAD meeting, 24-26 February 2010, Haziview, South Africa. (annexe 18)

- **Caron, A. Cumming, G. S., Abolnik, C., Chiweshe, N., de Garine-Wichatitsky, M.** 2010. A community approach to explore host-pathogen interactions at the wildlife/domestic interface: Avian Communities and Avian Influenza in a Zimbabwean Ecosystem. Labovet and Mesures d'Urgence Closure Meeting, 27-29 January 2010, Bamako, Mali.

2009

- **Caron A., Cumming G.S., Albonik C.,** Chiweshe N., **de Garine-Wichatitsky M**. A community approach to explore host-pathogen interactions at the wildlife/domestic interface: avian communities and avian influenza in a Zimbabwean ecosystem. *ISVEE Conference XII, 10-14 August 2009, Durban, South Africa. (cf CIRAD 2009)*

- **Caron A.** & **de Garine-Wichatitsky M.** Using community ecology to infer epidemiological interactions. *"Host-Pathogen Community Interaction: from Mobility to Contact" ATP Emergence First Meeting, 28-29 avril 2009, Montpellier, France. (cf CIRAD 2009)*

- **Gaidet N.,** Cattoli G., Dodman T., Hammoumi S., **Caron A**., Cappelle J., Monne I., Fusaro A., Manu S., Hagemeijer W., Takekawa J. Y., Newman S. H.. Epidemiological investigations of Avian Influenza Viruses in wild birds in Eastern Europe, the Middle East and Africa.

Second Pan-European Duck Symposium, 23-25 Mars 2009, Montpellier, France. (cf CIRAD 2009)

2008

- **Caron, A.**, Fritz, H., Morand, S., **de Garine-Wichatitsky, M.** 2008. Network of Interaction, Geographic Mosaic of Coevolution and Community Ecology: Sanitary Risk at the Wildlife / Livestock Interface. *Meeting of the two GDRIs on Biodiversity and Sustainable Use in the context of Global Change - Madagascar and Southern Africa at the Corum and CNRS, 3rd November 2008, Montpellier, France.*

Posters

2010

- **Caron, A., de Garine-Wichatitsky M., Gaidet N., Chiweshe N., Cumming G. S.** Estimating dynamic risk factors for pathogen transmission using community-level bird census data. ECOLOGIE meeting, Montpellier 2-4 September 2010. (annexe 19)

- **Caron, A., de Garine-Wichatitsky M., Morand, S.** Parasite community ecology and epidemiological interactions at the wildlife/domestic/human interface: can we anticipate emerging infectious diseases in their hotspots? ECOLOGIE meeting, Montpellier 2-4 September 2010. (annexe 20)

2009

- Mundava J., Mundy P., Caron A., Gaidet N., de Garine-Wichatitsky M., Couto T., Couto F. An ecological approach to estimating the risks of introduction, maintenance and spread of avian influenza viruses in the Chivero and Manyame Ecosystem. *ISVEE Conference XII, 10-14 August 2009, Durban, South Africa. (cf CIRAD 2009)*

- **Mundava J., Mundy P., Caron A.**, Couto T., Couto F., **de Garine-Wichatitsky M.** Seasonal trends in waterbird numbers, community structure and species diversity in Lakes Chivero and Manyame (Zimbabwe), 1993-2003. *Second Pan-European Duck Symposium, 23-25 Mars 2009, Montpellier, France. (cf CIRAD 2009)*

Participation à des formations techniques (expertise)

- **Caron A., Chiweshe, N.** FAO Training of SADC representative on wildlife capture and sampling techniques. August 2010, Chivero, Zimbabwe.

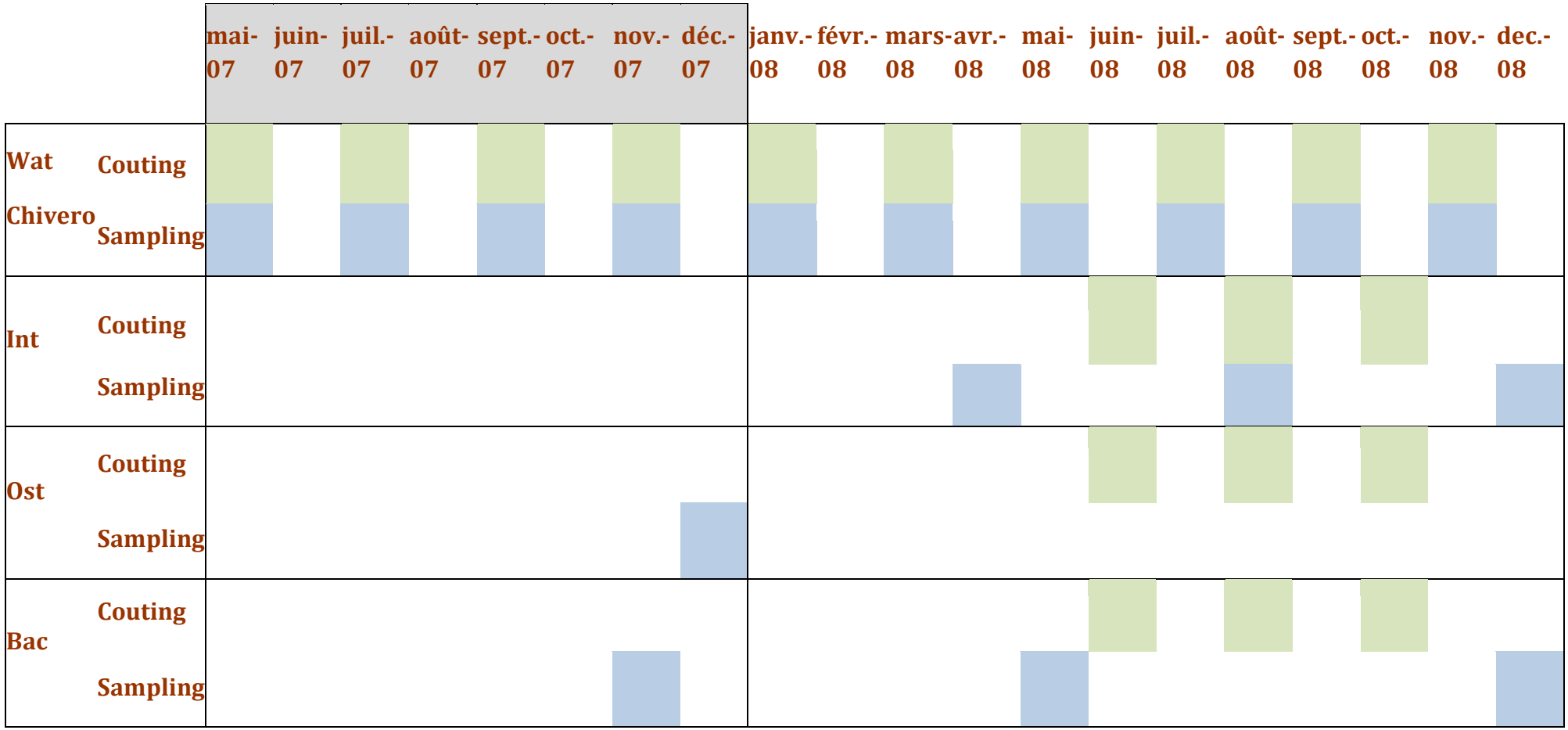
- **Caron A.** Formation des ponts focaux faune sauvage pour l'OIE, Afrique ed l'Ouest et Centrale, July 2010, Bamako, Mali.

- **Caron A.** Support Program for Integrated National Action Plan (SPINAP) for Avian and Human Influenza Provisional Rapid Response Teams (RRTs) Training of Trainers (ToT) Workshop Programme, October 2009, Masvingo, Zimbabwe.

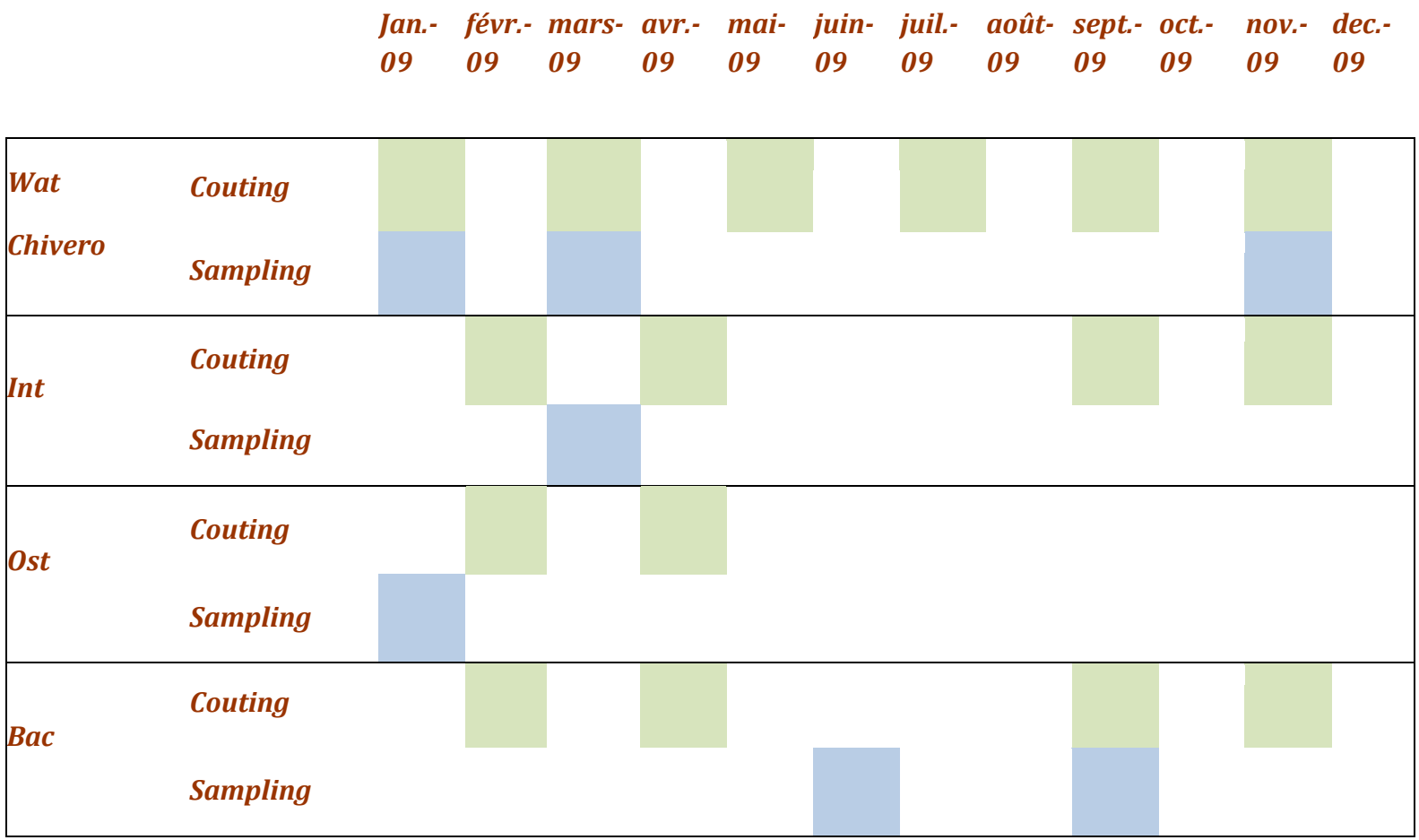
- **Caron A.** FAO Training on wild bird surveillance for Avian Influenza for the Great Lakes Region (Rwanda, RDC, Burundi), April 2008, Akagera NP, Rwanda.

Annexes

Annexe 1 : Activités réalisées avant 2009 (Wat=oiseaux sauvages ; Int= poulet en intensif ; Ost=fermes d'autruches ; Bac=poulets de basse-cours)



Annexe 2 : Activités réalisées en 2009



Annexe 3: Article publié dans Infection, Genetics and Evolution en 2009

Discussion

Evolutionary biology, community ecology and avian influenza research

Alexandre Caron a,b,*, Nicolas Gaidet a, Michel de Garine-Wichatitsky a,
Serge Morand a,c, Elissa Z. Cameron b

Infection, Genetics and Evolution 9 (2009) 298–303

Abstract

The epidemiology of H5N1 HPAI is still unclear despite the efforts of the research community. Studies bringing new insights add more variability in the host–pathogen system and uncertainty in the prediction of local risks. Global analyses of the pathways of wild birds in parallel with virus outbreaks have brought limited conclusions once the raw information was extracted from relevant maps. In this article, we propose an integration of epidemiology, evolutionary biology and community ecology on a local level in a research framework. Thismultidisciplinary approach aims at understanding the pathogen transmission processes at the interface between different bird groups whether wild or domesticated. We believe that this ecological data brought together with the epidemiological and molecular data is a key element to explore the mechanism of the AIV ecology in their hosts.

DOI:10.1016/j.meegid.2008.12.001

Annexe 4: Article publié dans EcoHealth en 2010

Short communication

Persistence of Low Pathogenic Avian Influenza Virus in Waterfowl in a Southern African Ecosystem

Alexandre Caron,[1,2,3] Celia Abolnik,[4] Josephine Mundava,[5] Nicolas Gaidet,[2] Christina E. Burger,[4] Bontsi Mochotlhoane,[4] Leo Bruinzeel,[6,7] Ngoni Chiweshe,[1] Michel de Garine-Wichatitsky,[1,2] and Graeme S. Cumming[6]

EcoHealth, (2010) on-line publication

Abstract:

Waterfowl were counted and sampled in a Zimbabwean wetland over 24 months. LPAI strains were detected during 20 consecutive months, providing evidence of regional yearly persistence of LPAI. We discuss the role of Afro-tropical ducks in viral maintenance and transmission, and attempt to explain the observed patterns.

Keywords:

avian influenza, waterfowl, Africa

DOI: 10.1007/s10393-010-0356-4

Annexe 5: Article publié dans Ecology & Society en 2010

Research, part of a Special Feature on Risk mapping for avian influenza: a social-ecological problem

Estimating Dynamic Risk Factors for Pathogen Transmission Using Community-Level Bird Census Data at the Wildlife/Domestic Interface

Alexandre Caron 1,2,3, Michel de Garine-Wichatitsky 4,5, Nicolas Gaidet 5, Ngoni Chiweshe 6, and Graeme S. Cumming 7

Ecology & Society, (2010) 15(3) 25

Abstract

The ecology of host species is crucial for understanding the mechanisms of pathogen transmission and spread in complex multi-host systems. In this article, we use detailed observations of the host community to develop and apply a new approach to mapping temporal variation in risk for avian influenza. Working in an extensive wetland system near Harare, Zimbabwe, we use the overlap in space and time of highly variable bird communities, combined with ecological risk factors, to assess the risk of Avian Influenza viruses (AIV) maintenance and transmission between bird populations. The estimated introduction and maintenance risks associated with waterfowl populations at a given time are then multiplied by the level of interactions with neighboring domestic production systems during the same period. This approach is used to develop hypotheses for the dynamics of the introduction and circulation of AIV strains in waterfowl populations and as a way of understanding the potential role of "bridge" species at the wild/ domestic interface. The novel approach presented here offers a potentially useful way to explore AIV risk, identify which wild bird species may be acting as reservoirs or vectors of pathogens at a local scale, and improve local surveillance.

Keywords:

Avian influenza; bridge species; community ecology; risk factor; wild/domestic interface

Annexe 6 : Activités réalisées en 2010

		Jan.-10	févr.-10	mars-10	avr.-10	mai-10	juin-10	juil.-10	août-10	sept.-10	oct.-10	nov.-10	dec.-10
Waterfowl Chivero	Couting												
	Sampling												
Waterfowl Hwange	Couting												
	Sampling												
Waterfowl Mana Pools	Sampling												
Intensive Poultry	Counting												
	Sampling												
Backyard Poultry	Couting												
	Sampling												

Annexe 7 : Plan de thèse de J. Mundava, NUST, thésarde GRIPAVI

Avian influenza virus and waterfowl: Virus maintenance into Zimbabwe

Background

Recent outbreaks of avian influenza in poultry, humans and wild birds have caused a lot of concern. Given the potential impacts on both humans, and birds, it is important that the dynamics of influenza viruses are assessed at a global scale, and that similarities and differences among potential transmission pathways in different regions are considered (Melville & Shortridge 2006, Olsen *et al.* 2006 & Kilpatrick *et al.* 2006).

The outbreak of highly pathogenic avian influenza of the subtype H5N1 (commonly referred to as fowl plague/bird flu) in 2005/6 in Asia and its subsequent spread to Russia, Middle East, Europe and Africa has put an increased focus on the role of wild birds in the persistence of influenza viruses (Olsen *et al*, 2006).

Waterbirds have long been recognised as a source and reservoir for all subtypes of avian influenza viruses (AIVs) (Tracey *et al.* 2004 & Stallknecht *et al.* 2006). These AIVs occur naturally in many species of wild aquatic birds and it is maintained in the wild populations. Wild waterbirds are considered to be natural reservoirs of LPAI viruses (Webster *et al*. 1992 & Olsen *et al*. 2006), but HPAI viruses responsible for high mortality in domestic birds do not have recognised wild bird reservoirs (Gaidet *et al*. 2008). Waterbirds, particularly Anatidae, are natural reservoirs of LPAI and have been implicated as a primary source of infection in HPAI outbreaks. In a recent study (Gaidet *et al.*, 2008). HPAI genotype was detected in healthy wild birds for the first time. The affected species were the White-faced Duck *Dendrocygna viduata* and the Spurwinged Goose *Plectropterus gambensis*.

Since the isolation of the first avian influenza viral strains, a number of questions related to their persistence in ecosystems and the transmission mode among wild and domestic birds and mammals, have appeared (Stallknecht, 1997). Research targeted at answering these questions has shown that knowledge of the ecology of the host species is important in understanding the introduction, maintenance and spread of avian influenza viruses.

Ecological factors associated with waterbird species/community that have been shown to increase the risk of infection include: abundance, presence of immunologically naïve young, gregariousness, migration, foraging behaviour, colonial breeding, population and age structure, the degree of mixing with other species, the presence of particularly susceptible species and the mixing of wild birds with poultry.

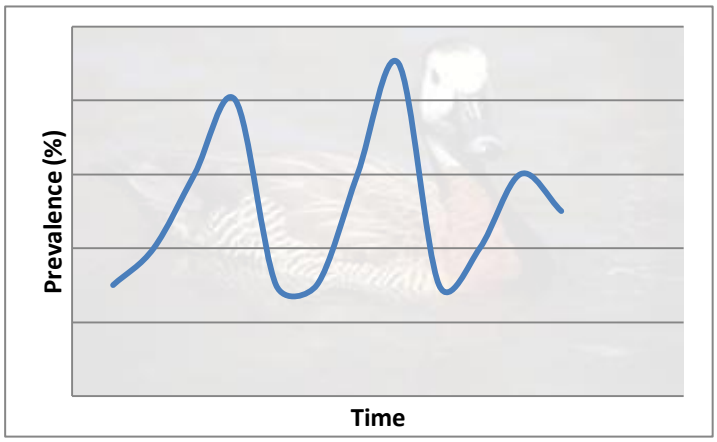
In order to understand the role of wild birds in the epidemiology of AIVs, knowledge of the exact species involved in particular areas is important (Yasue *et al.* 2006). This is so because, even within a particular family, different species show differences in behaviour and ecology. As well, the occurrence is known to vary significantly among bird species, genera, and by region and season (Stallknecht & Shane, 1988). In order to fully understand the global patterns of LPAI viruses in wild birds, it is crucial to integrate virus and host ecology with continuous/long-term surveillance studies to provide more insight on the year round perpetuation of viruses in the wild birds.

Although wild birds have been known to play a role in the introduction, maintenance and spread of H5N1, it should be stressed that detailed knowledge of the way in which this takes place is still lacking. This is especially so for individual countries where different conditions exist and therefore different mechanisms apply due to differences in the environment and in the number of species present in each setup.

Zimbabwe has had no records of H5N1 in either wild birds or domestic birds. Low pathogenic avian influenza viruses have however been isolated in some waterbird species such as Red-billed Teal and White-faced Duck. Further surveillance is therefore targeted at the species that are most likely to carry the virus (LPAIs) as well as seasonal variations in virus prevalence in relation to waterbird abundances. Surveillance is also targeted at the juveniles to determine their roles in the maintenance of the virus. The risk of the introduction of new/foreign subtypes of LPAI (which can potentially mutate to HPAI) into the system by migrant waders/shorebirds is also evaluated.

Surveillance in Zimbabwe

Avian influenza surveillance projects in America and Europe have shown that there are fluctuations in avian influenza prevalence in time. These fluctuations have been attributed to a number of factors including the arrival of migrants, the influx of immunologically naive young after the breeding season, and the staging (gathering) of waterbirds prior to migration. These findings from Europe and America will be used in Zimbabwe to test the hypothesis that avian influenza prevalence also fluctuates in time.



Factors that are hypothesized to influence these fluctuations include: waterbird abundance and diversity, proportion of juveniles in the population, and the influx of migrant birds potentially carrying new viral strains into the system. These factors change seasonally and annually (mainly influenced by rainfall and dam levels) and these changes are expected to be the driving forces for hypothesized prevalence fluctuations in space. Surveillance is targeted at explaining possible scenarios for avian influenza maintenance in Zimbabwe. The possibilities are outlined on the conceptual model below.

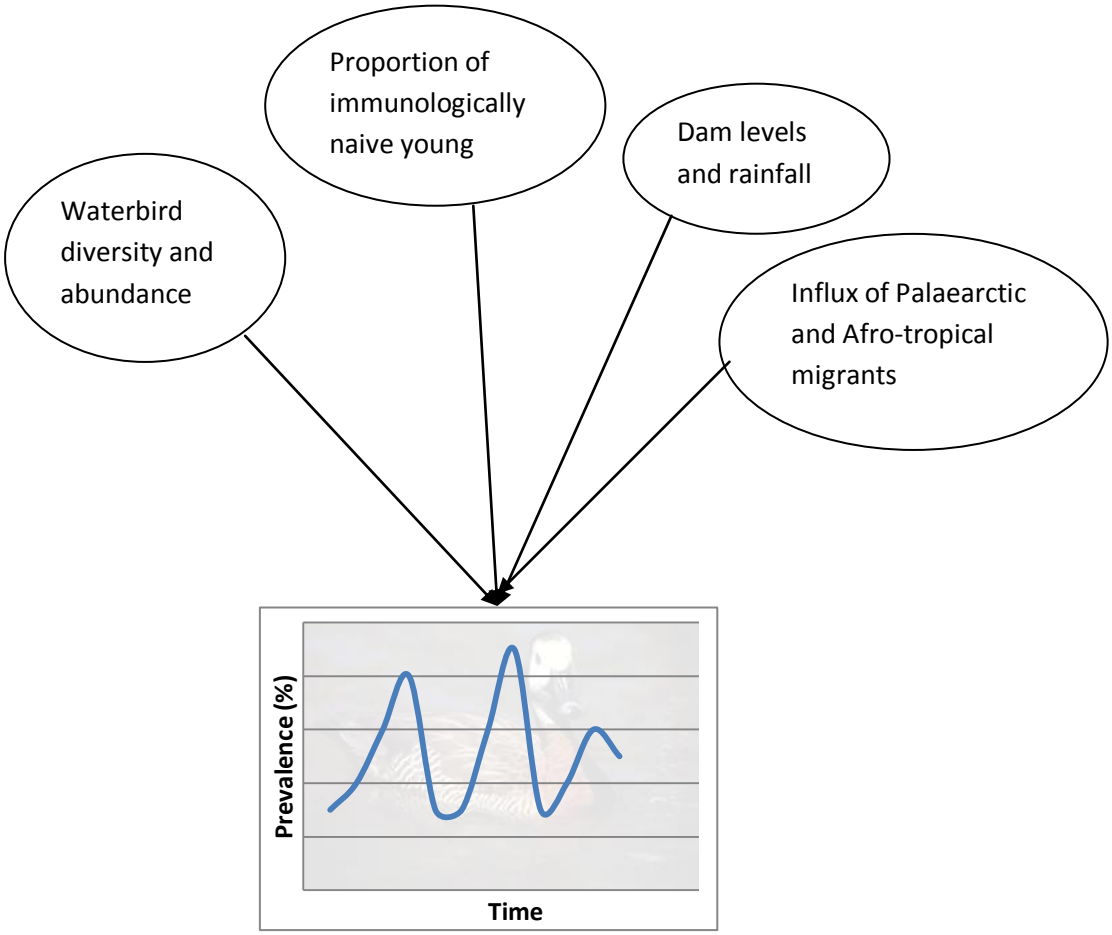


Figure 2. Conceptual model for avian influenza maintenance in Zimbabwe.

Chapter 1

Aim

Explain the reasons for the trends of avian influenza fluctuations in avian influenza prevalence within a system.

Questions

What are the underlying reasons for observed fluctuations in AIV prevalence within a system?

Hypotheses

There are fluctuations in avian influenza prevalence within a system, and these fluctuations can be explained by changes in:

- Waterbird abundance
- Water diversity
- Dam level and rainfall

Methods

- Use ten-year retrospective data to identify trends in waterbird abundance and diversity at two important lakes in Zimbabwe (Lakes Chivero and Manyame).
- Use ten-year retrospective data to identify high risk species in terms of the avian influenza virus. Criteria for high risk species identification include: gregariousness, habitat use, species mixing and migratory and nomadic behaviour. The identified species are then are then explained in detail and their trends over time can then be used to explain avian influenza in space and in time in Zimbabwe.
- Regress on the relationship between waterbird abundance, diversity and lake levels and rainfall. Could these responses be used to explain/predict future outbreaks, that is, if dam level is 80% full, then prevalence can be predicted according to the expected waterbird abundance and diversity.
- Use atlas cards and field cards to map the distribution of waterbirds in Zimbabwe in retrospect.

Expected outputs

- Distribution of waterfowl in Zimbabwe (in retrospect)
- Be able to define inter-seasonal and inter-annual trends and relate these trends to the risk of avian influenza maintenance.
- Identify high risk species for the Zimbabwean scenario; these can be used to estimate the risk of avian influenza maintenance in future, this is done using the Tracey Couto retrospective data, atlas card data and field card data.
- Document the influence of dam levels and rainfall on waterbird abundance and diversity and consequently the risk of avian influenza maintenance.

Chapter 2

Besides fluctuations in waterbird abundance and diversity, it is hypothesized that fluctuations in avian influenza virus could be explained by the presence of immunologically naive birds that are infected, consequently raising the AIV prevalence. This chapter looks at the breeding biology of Zimbabwean waterfowl with the intention to identify and document risk according to the breeding areas and breeding strategies of the identified high risk species waterbirds.

Aim

Map the breeding seasons/population dynamics of the selected high risk species. Mapping these seasons will result in an estimate of the times during which the vulnerable young are within the system and hence the periods of high risk for avian influenza.

Questions

- What is the overall input of juveniles in the AIV prevalence in Zimbabwe: Do the young occur in high enough numbers to cause the peaks in the AIV prevalence, i.e. proportion of juveniles to adults?
- What are the important breeding areas for AIV high risk species, what are the possible areas of dispersal?
- What are the important breeding seasons of the HRS?

Hypotheses

- There are high risk areas for AIV due to the presence of high numbers of immunologically naive young.
- There are high risk seasons in terms of avian influenza due to the presence of HRS juveniles.

Methods

- Nest record cards to extract breeding seasons and breeding areas.
- Nest record cards to estimate the time at which the young enter the system: estimate the times of higher prevalence
- African Waterfowl Census/Tracey Couto data waterbird numbers in the breeding areas and in the breeding seasons and the non-breeding seasons.
- Atlas cards to show the distribution of the high risk species and their breeding areas.
- Field card to show the distribution of the high risk species and their breeding areas. .

Expected outputs

- Breeding seasons and breeding areas and their implications for AIV maintenance
- Estimated periods/seasons of expected high prevalence in the population due to the presence of immunologically naive young.
- Estimated diffusion patterns of the HRS young from the breeding areas.
- Estimation of risk by season using the nest record card data(Extracted fledging times and hatching times)

Chapter 3: Surveillance

Aim

- Document the importance of HRS juvenile birds in the importance of avian influenza virus maintenance in a system.
- Compare avian influenza prevalence between adult birds and juveniles

Questions

- What is the role of juveniles in the maintenance of AIV in Zimbabwe?
- Is AIV prevalence higher in juvenile birds compared to adults?
- Is there a seasonal pattern in the in the prevalence of AIV in the ecosystem, caused by the presence of juveniles.

Hypotheses

- There is a post-breeding peak in AIV prevalence within the ecosystem caused by the presence of immunologically naive young.
- AIV prevalence is age-related, with the highest detection in juveniles compared to the adult birds.
- The introduction of new AIV hosts has seasonal variations with seasonal implications for the patterns of AIV prevalence in the system.

Methods

Count, capture and sample adult and juvenile birds: Chivero and Manyame for adult birds, and Hwange pans for juvenile birds and hatchlings.

Study areas

- <u>Chivero/Manyame</u>
  Four seasons: Hot/dry, hot/wet, cold/dry and a repeat of the hot/dry.

  Target: Adult birds, flying juveniles (n=200)

- Chivero/Manyame
  Use Alex's prevalence data
- <u>Hwange pans</u>

  Three times: Soon after hatching, half grown (at 30 days), a week before fledging (at 50 days).

  Target: juveniles, parent birds and other birds that might be present at the.

Sampling

- Birds counted to evaluate number of birds present at the time of sampling
- Captured birds banded and biometric data collected
- Cloacal and tracheal samples collected
- Blood sample collection for serology
- Collection of fresh faeces from birds that would have been gently disturbed.
- Water sample analysis: pH, salinity, temperature. Possibly relate these to AIV prevalence

Expected outputs

- Document the role of juvenile birds in the maintenance of AIV maintenance
- Document proportion of juveniles to adults.
- Juvenile contribution to AIV prevalence in waterbirds.
- Seasonal variation in AIV prevalence
- Comparison of AIV prevalence between juveniles and adults.
- Document exactly when juveniles are infected (Unlikely to have immunity at hatching).
- Recommendation on the relevant seasons, species and areas of future AIV surveillance.

Chapter 4. Synthesis

- Recommendation on the relevant seasons, species and areas of future AIV surveillance in Zimbabwe. This is achieved by the synthesis of the count data, breeding data and prevalence data.
- Develop a model to identify the conditions for an outbreak using the collected data.

Annexe 8 : Résultats du protocole de terrain de la candidate en thèse de l'Université de Bulawayo

Avian influenza virus and waterfowl: Virus maintenance in Zimbabwe.
Report by Josphine Mundava

2010 Fieldwork

- THE MAIN FOCUS OF THE YEAR WAS TO COLLECT AVIAN INFLUENZA SAMPLES FROM 3 MAIN DUCK SPECIES (RED-BILLED TEAL, WHITE-FACED DUCK, EGYPTIAN GOOSE) IN ZIMBABWE, DURING THEIR BREEDING SEASON AND NON-BREEDING SEASONS.
- AREAS SELECTED FOR COLLECTION OF BREEDING SEASON SAMPLES THE HWANGE NATIONAL PARK PANS, AS WELL AS THE MANA POOLS PANS, AND DATA FOR THE NON-BREEDING SEASON MAINLY COLLECTED FROM LAKES CHIVERO AND MANYAME.
- BREEDING SEASON SAMPLING DONE IN FEBRUARY, APRIL, AND MAY. NON-BREEDING SEASON SAMPLING DONE IN JULY AND NOVEMBER.
- SAMPLING PROCEDURE SHIFTED FROM CLOACAL AND TRACHEAL SAMPLING TO MAINLY FRESH FAECAL MATTER SAMPLING (AS A SUBSTITUTE FOR CLOACAL SAMPLING) DUE TO CHALLENGES IN THE CAPTURE OF BIRDS IN THEIR BREEDING AREA.

	BREEDING SEASON SAMPLES	**NON-BREEDING SEASON SAMPLES**
EGYPTIAN GOOSE	315	12
RED-BILLED TEAL	134	207
WHITE-FACED DUCK	155	355
COMB DUCK	87	-
SPUR-WINGED GOOSE	41	74
TOTAL	**732**	**648**

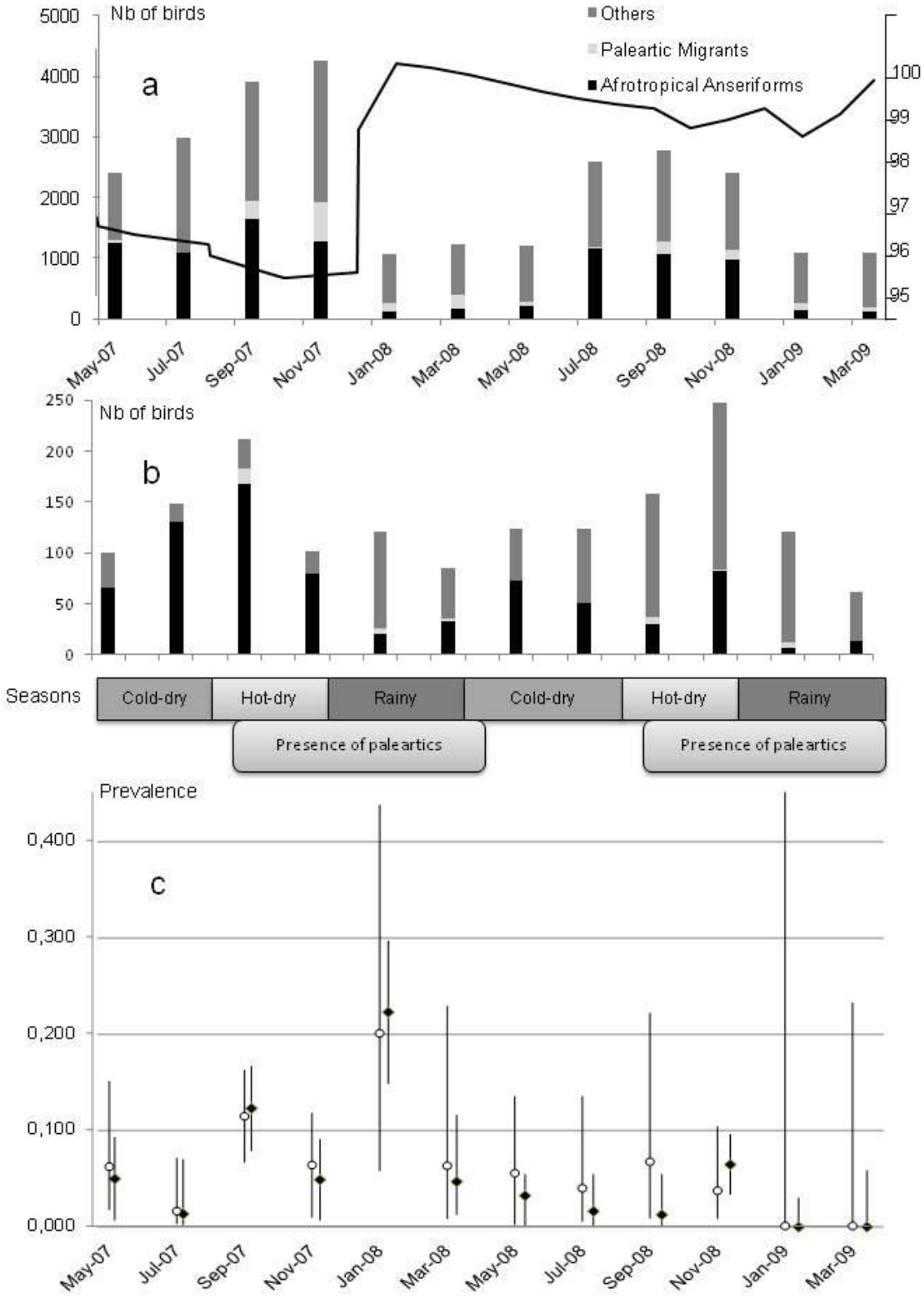
SUMMARY

HWANGE:- 2 MISSIONS; FEBRUARY AND APRIL

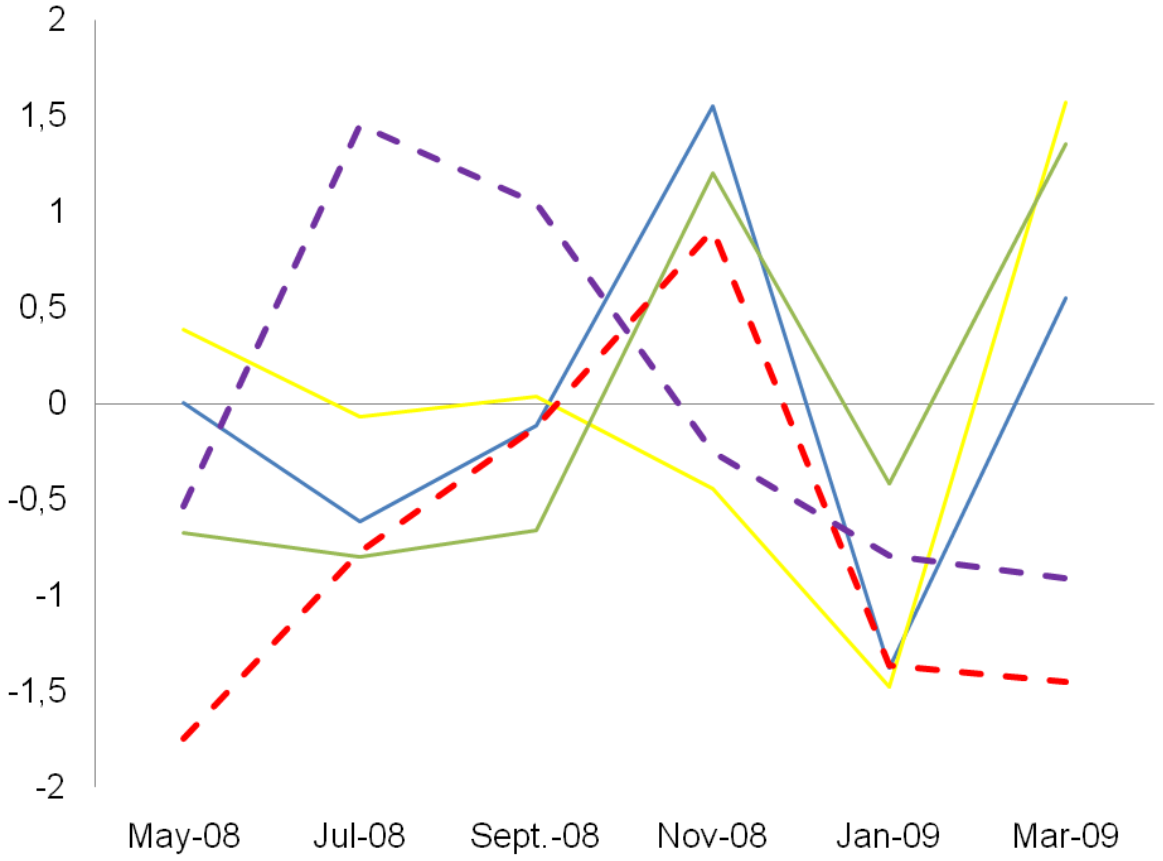
MANA POOLS:- 1 MISSION; MAY

CHIVERO MANYAME: 3 MISSIONS; JANUARY, JULY AND NOVEMBER.

Annexe 9 : Profil viral de l'AIV dans les populations de canards et d'oiseaux sauvages de l'écosystème Chivero-Manyame (c) en relation avec le niveau des lacs et la composition de la communauté d'oiseaux présents (a) et avec une indication de la représentativité de l'échantillon (b) (tiré de l'article publié dans EcoHealth)



Annexe 10 : Courbes de risque : en pointillé rouge, la courbe de risque de circulation de souche AIV dans le compartiment sauvage ; en pointillé mauve, la courbe de risque d'introduction de souches AIV dans l'écosystème ; chaque courbe pleine indique la courbe de risque d'interaction d'un compartiment domestique avec le compartiment sauvage



Annexe11 : Tables d'identification des espèces relais potentielles pour chaque pic de risque d'interaction des 3 compartiments domestiques (en surligné les espèces ou espèces équivalentes échantillonnées en 2010)

Intensive Poutlry	November Peak	Mars Peak	Most Representative Species
Ploceidae	30,30%	31,80%	Red-billed quelea (77%)
Estrilidae	21,80%	18,60%	Bronze mannikin (50%)
Hirundidae	8,50%		Barn swallow (90%)
Ardeidae		10,60%	Cattle egret (85%)
Total	**60,60%**	**61,00%**	

Backyard Poultry	May Peak	Mars Peak	Representative Species
Ploceidae	33,40%	34,80%	Red-billed quelea (89%)
Estrilidae	13,50%	13,10%	Bronze mannikin (52%)
Ardeidae	11,50%	21,10%	Cattle egret (97%)
Total	**58,40%**	**69,00%**	

Ostrich Farm	November Peak	Mars Peak	Representative Species
Hirundidae	38,30%		Barn swallow (99%)
Estrilidae	15,90%	9,30%	Bronze mannikin (60%)
Ploceidae	11,20%	57,50%	Red-billed quelea (80%)
Columbidae		5,80%	Cape Turtle Dove (76%)
Total	**65,40%**	**72,60%**	

Annexe 12 : rapport de mission du Dr. Gaidet en février 2010 au Zimbabwe

Follow-up mission of the GRIPAVI project

Ecology and Epidemiology of Avian Influenza Virus in Wild Birds in Zimbabwe Observatory

Abstract:

This mission has been implemented in the framework of the GRIPAVI project in order to provide a scientific and technical support to two PhD candidates of the Gripavi project, Josphine Mundava and Alexandre Caron, on the Ecology and Epidemiology of Avian Influenza Virus (AIV) in Wild Birds. Scientific discussions on ongoing research activities as well as wild bird capture and sampling were conducted in two of the study sites, Lake Manyame and Hwange National Park.

Schedule:

14-15/02/10: trip France - Zimbabwe

15-17/02/10: wild bird capture and sampling at Manyame Lake near Harare with Alexandre Caron and his team

18-19/02/10: work with Alexandre Caron on two scientific paper drafts

20/02/10: trip Harare-Hwange

21-27/02/10: field work in Hwange NP, wild bird capture and sampling with Josphine Mundava and her team and discussion on ongoing research activities

28/02 -01/03/10: trip Zimbabwe - France

Introduction:

The Gripavi project is implemented in the Zimbabwean observatory under the "Avian Influenza in Avian Systems" (AIAS) project. It aims at describing and understanding the role of various avian compartments (wild birds, backyard chicken, industrial chicken, and semi-extensive ostrich farming) and their interactions in the process of maintenance and dispersion of Avian Influenza viruses (AIVs).

Gripavi Team:

- Dr. Alexandre Caron, Phd Candidate, Zimbabwean site coordinator
- Miss Josphine Mundava, Phd Candidate from the University of Bulawayo (NUST)
- Dr. Michel de Garine-Wichatitsky, Researcher
- Mr. Ngoni Chiweshe, Research Assistant

The Gripavi team is collaborating with Zimbabwe Veterinary Services and the Percy FitzPatrick Institute.

Activities:

Swallow capture and sampling at Manyame Lake:

One the current research activities of the AIAS focus on the potential risk of transmission of AIVs by bridge species from the waterfowl community into domestic bird compartments. Swallows have identified as some potential bridge species by count within the local wild bird community and domestic compartments.

Objective of this mission was to capture and sample swallows within the study area of the lake Manyame-Chivero ecosystem, Zimbabwe.

Captures were conducted at one large roosting site in the vicinity of Manyame lake. A total of 210 barn swallows (*Hirundo rustica*) and brown-throated martins (*Riparia paludicola*) were captured using mist nests. Cloacal and oro-pharyngeal swabs were collected, as well as blood samples on each bird. Training on blood sampling from the jugular vein was provided to Alexandre and Ngoni. Samples collected will be transported and analysed at OVI laboratory in RSA.

In addition, this visit in Harare provide the opportunity to work with Alexandre Caron on two research draft articles on AIV ecology in wild birds in tropical regions entitled: "Persistence of Low Pathogenic Avian Influenza Virus in Waterfowl in an African Ecosystem" and "Circulation of Avian Influenza viruses in natural reservoir: a role of Afro-tropical ecosystems?"

Waterbird capture and sampling in Hwange National Park:

The annual influx of immunologically naive young bird in wild duck populations (i.e. the main natural reservoir of AIVs) after the breeding season has been recognized as a major determinant of AIV circulation in wild birds in temperate regions. Afro-tropical ducks show differences in breeding ecology (in particular in timing and duration of their breeding season) hence a similar role of juvenile bird influx on the seasonal dynamic of AIV circulation in Africa remains questioned. Objective of this

study is to compare AIV prevalence in wild ducks between the breeding and non-breeding seasons in order to test the potential role of juveniles in the maintenance of AIV in Afro-tropical ecosystems.

This field operation aimed at testing the feasibility of setting up a protocol to capture and sample wild ducks in one breeding site, i.e. Hwange NP, and to provide recommendations for future activities.

Recommendations from this operation are:

- ✓ Catching ducks in a reasonable number does not seem to be feasible in Hwange NP during the wet season. Ducks were spread in small ponds and temporary flooded grassland. Ducks were observed in small numbers only (generally <10 individuals per site), except in Mandavu dam near Sinamatella (approx <300 ducks form various species were observed). Waterbird capture were attempted with traps and mist nest set up for four days at this site where the larger abundance of wild ducks was observed. These capture were unsuccessful (total of approx. 20 waterbirds, including two ducks), due to a relatively low attractiveness of baits during this season (profusion of food), the absence of previous capture experience at this site, and a low overall number of ducks.

- ✓ Catching ducks in a significant number during the breeding season would be difficult in any site mainly for the same reasons

- ✓ Objective of comparing prevalence during the breeding and the non-breeding seasons requires a relatively large number of sample per unit analysis (>100 samples per unit)

- ✓ Collecting fresh droppings seems to be the only option to fulfill this objective. These samples can be easily and quickly collected in the field by a small team, even when birds are scattered. Samples collected from fresh droppings have provided similar detection rate by rRT-PCR analysis than cloacal samples for African ducks in other operations conducted in West Africa. However, this type of sampling requires that i) a collection of very fresh droppings only, and ii) a careful identification of the species in the field.

- ✓ This method has been used during this Hwange operation were a total of 240 fresh dropping samples were collected in various ponds and dams. Limits of these methods are that no tracheal and blood samples can be collected, neither information on age of individual bird sampled. Precise number and age composition of each group sampled should be recorded.

Recommendations for this study are that Josphine should:

- ✓ Consider only two sampling periods, i.e. breeding (wet) and non-breeding/congregation season (dry). Pre-analysis of nest cards should help indentifying appropriate sampling periods.

- ✓ Identify 2 or 3 breeding sites and 2 or 3 congregation sites where sampling will be conducted (Ngoni has made several suggestions)

- ✓ Restrict sampling to 2 or 3 species (if possible one Anas sp and one non-Anas sp)

- ✓ Collect approx 150 samples per species and per season, for both the breeding sites and the congregation sites (samples from various sites could be gathered) to be able to test for a potential significant differences in AIV prevalence between seasons

- ✓ Limit the overall time spend in these field operations in 2010 to spend more time for analysis and article writing of the PhD

Other chapters of Josphine PhD proposal were also discussed, with the following recommendations:

Chapter 2 should be split in two different parts, one focusing on the description of seasonal variability in the proportion of duck breeding, and another one focusing on the spatial distribution of duck breeding. There is probably not enough data to combine both things, i.e. spatial variability in breeding seasons at the national level (interaction season*space).

For both of these analyses, Josphine should provide data on the absence of reproduction, hence collect reports of non-breeding duck observations, i.e. when and where ducks were observed without any nestlings or juveniles ('field cards" mention by Josphine may be a potential source for this information).

Cirad or associated teams (e.g. CNRS) with ongoing field work activities in various sites (Hwange, Lowveld, others…) may be solicited to record any duck breeding or non-breeding observation in order to increase the total number of data for these analysis.

An update literature (research articles) on AIV molecular biology, epidemiology and ecology was also provided to Josphine. Finally, attention was given to insure a scientific coherence with other research activities conducted in the other Gripavi observatories within the component Ecology and Epidemiology of Avian Influenza Virus (AIV) in Wild Birds.

Annexe 13 : Activités prévues en 2011

		Jan.-11	févr.-11	mars-11	avr.-11	mai-11	juin-11	juil.-11	août-11	sept.-11	oct.-11	nov.-11	déc.-11
Waterfowl	Couting												
Chivero	Sampling												
Bridge Species	Sampling												

Annexe 14: Termes de Référence pour Ngoni Chiweshe, assistant de recherche GRIPAVI en 2011

Terms of Reference

For Ngoni Chiweshe, under the GRIPAVI project in 2011

Activities from January to December 2011

- Field activities

- Wild bird counting (6 sessions every 2 months)
- Wild bird sampling (3 sessions every 4 months)
- Bridge species sampling (1 or 2 sessions depending on results)
- Organise Two village restitutions (April-June) for CMR protocols

- Laboratory analysis

- Participate to ELISA kit testing (2 kits, 2 days per kit)

- Desktop activities

- Database entry:
  - Wild bird counting database
  - Wild bird capture database
  - Disease database (wild bird & domestic database)

- Co-organise with A. Caron the general restitution meeting for the Zimbabwe GRIPAVI Project (September)

- Article writing
  - Article in Honeyguide (not peer reviewed) about GRIPAVI project in Zimbabwe from an ornithological perspective (submitted by February)
  - Two peer-reviewed ornithological articles:

- Wader biodiversity and population dynamics in a Zimbabwean wetland/ Proposed Journal: Ibis (submitted by June)

- Study on population dynamics of African Jacana in an ecosystem of Southern Africa/Proposed Journal: Ostrich (submitted by September)

-Other potential papers:

- Study on Anatidae and Dendrocygnidae in an ecosystem of Southern Africa/Proposed Journal: TBA

- Study on Hirundidae in an ecosystem of Southern Africa/Proposed Journal: TBA

Annexe 15 : Plan de thèse et état au 12 décembre 2010 de la thèse d'A. Caron

PhD Thesis outline – A. Caron

I – Main Chapters

1. **Chapter I** – General introduction

Done

2. **Chapter II** – Avian influenza research, community ecology and evolutionary biology

Published: **Caron, A.,** Gaidet N., de Garine-Wichatitsky, M., Morand, S., Cameron, E. 2009. Evolutionary Biology, Community Ecology and Avian Influenza Research. Infections, Genetics & Evolution, 9: 298-303

3. **Chapter III** - Estimating dynamic risk factors for pathogen transmission using community-level bird census data at the wildlife/livestock interface

Published: **Caron, A.,** de Garine-Wichatitsky, M., Gaidet, N., Chiweshe, N., Cumming, G. S. Estimating dynamic risk factors for pathogen transmission using community-level bird census data at the wildlife/domestic interface. Ecology & Society, 15(3):25

4. **Chapter IV** – Persistence of Low Pathogenic Avian Influenza virus in waterfowl in a Southern African ecosystem

Published: Caron, A., Abolnik, C., Mundava, J., Gaidet, N., Burger, C.E., Mochotlhoane, B., Bruinzeel, L., Ngoni, C., Cumming, G. S.. Persistence of Low Pathogenic Avian Influenza Virus in Waterfowl in an African Ecosystem. EcoHealth in press

5. **Chapter V** – A risk assessment for HPAI diffusion in a 4 compartment avian model: interspecies interactions at the wildlife/domestic interface

In prep – 1st draft by December 2010

6. **Chapter VI** – Temporal and spatial variation in bird community in 3 African ecosystems: confronting a risk factor approach with AIV & NCD prevalence data

In prep – 1st draft circulated to co-authors

7. **Chapter VII** - Ecology of disease transmission in multi-hosts systems.

Submission 12.10: Caron, A., de Garine-Wichatitsky, M., Morand, S. Ecology of disease transmission in multi-hosts systems.
Chapter appendix: Caron, A., de Garine-Wichatitsky, M., Morand, S. Epidemiological Interaction Network between 14 rodents species and the human species

8. **Chapter VIII** – General conclusions

II – Appendices

1. Appendix 1: Influenza A viruses in waterbirds in Africa

Published: Gaidet, N., Dodman, T., **Caron, A.,** Balança, G., Desvaux, S., Goutard, F., Cattoli, G., Hagemeijer, W., Monicat, F. 2006. Influenza A viruses in waterbirds in Africa. Emerging Infectious Diseases, 13 (6): 626-629

2. Appendix 2: Influenza surveillance in wild birds in Eastern Europe, the Middle East, and Africa: Preliminary results from an Ongoing FAO-led survey

Published: Gaidet, N., Dodman, T., **Caron, A.**, Balança, G., Desvaux, S., Goutard, F., Cattoli, G., Martin, V., Tripoli, A., Lamaruqe, F., Hagemeijer, W., Monicat, F. 2007. Influenza Surveillance in Wild Birds in Eastern Europe, the Middle East, and Africa: Preliminary Results from an Ongoing FAO-led Survey J Wildl Dis 2007 43: S22-S283. Appendix 3: Bovine tuberculosis in Buffaloes in Southern Africa

3. Appendix 3: Bovine tuberculosis in Buffaloes in Southern Africa

Published: de Garine-Wichatitsky, M. **Caron, A**., Gomo, C., Foggin, C., Dutlow, K., Lane, E., Le Bel, S., Hofmeyr, M., Hlokwe, T. and Michel, A. 2010. Spread of wildlife bovine tuberculosis across international boundaries of the Great Limpopo Trans Frontier Conservation Area. EID, 16 (5) 884-885

4. Appendix 4: Ecological drivers of avian influenza virus infection in wildfowl in Afrotropical regions

Submission 12.10 : Gaidet, N., **Caron, A.** Cappelle, J., Balança, G., Mundava, J., Fofana, B., Hammoumi, S., Gil, P., Cattoli, G.? Abolnik, C., Fereidouni, S.R., ould Elmamy, B., Hagemeijer, W., Mondain-Monval, J.Y., Tran, A., Grosbois, V., Cumming, G.S., Triplet, P., Newman, S.H., Dodman, T. Ecological drivers of aviain influenza virus infection in wildfowl in Afrotropical regions. (submission late 2010).

5. Appendix 5: The ecology of influenza A viruses in wild birds in southern Africa

Submitted: Cumming, G. S., **Caron, A.,** Abolnik, C., Catolli, G., L.W. Bruinzeel, C.E. Burger, K. Cecchettin, N. Chiweshe, B. Mochotlhoane, G.L. Mutumi, M. Ndlovu. The ecology of Influenza A viruses in wild birds in southern Africa. *Submitted to EcoHealth*

6. Appendix 6: Epidemiological interaction at the wildlife/livestock/human interface: can we anticipate emerging infectious diseases in their hotspots? (book chapter)

Submitted to editor: Caron, A., de Garine-Wichatitsky, M., Morand, S. Using the community of pathogens to infer inter-specific host epidemiological interactions at the wildlife/domestic interface. "New Frontiers in Molecular Epidemiology of Infectious Diseases". Morand, S., Beaudeau F., Cabaret J. (Eds). Submited

Annexe 16: Résumé présentation OWOH, Melbourne, Australia, 02.2011

Parasite community ecology and epidemiological interactions at the wildlife/domestic/human interface: can we anticipate emerging infectious diseases in their hotspots?

Alexandre Caron, Cirad UPR AGIRs, Michel de Garine-Wichatitsky, Cirad UPR AGIRs, Serge Morand, ISEM - CNRS

Abstract

Identified hotspots of emerging infectious diseases are often characterised by an extensive wildlife/domestic/human interface in tropical ecosystems, thus creating complex multi-hosts and multi-pathogens systems. How can we anticipate emerging events in these hotspots?

The parasite communities shared by wild and domestic populations at this interface reflect the historical of epidemiological interactions between them. A new pathogen entering this host system is most likely to use the transmission pathways already used by other pathogens. Using recent advances in community ecology and evolutionary molecular biology, we present a research framework to identify these transmission pathways.

We applied this framework to 34 macroparasites and 7 microparasites shared by 14 rodents and the human species in a study site in Thailand. Based on a comparative study of component communities between host populations using the Jaccard index (presence/absence data), we build a network of interactions between the host populations. This network is characterised by the frequency, intensity and direction of interactions and can be explored using classical network analysis.

We discuss the challenges and possibilities of this innovative approach. It provides a description of the transmission pathways between host species the most used by pathogens. This network can provide direct inputs for targeted disease surveillance at the wildlife/domestic/human interface to detect pathogen emergence when it occurs or host most likely to provide a source for future emergence.

More generally, this approach could support the exploration of hypothesis about the general properties of transmission ecology at the wildlife/livestock/human interface.

Annexe 17: Résumé présentation OWOH, Melbourne, Australia, 02.2011

Estimating and validating a dynamic risk factor model for pathogen transmission using community-level bird census data: avian influenza at the waterfowl/domestic bird interface in Zimbabwe

Alexandre Caron, Cirad UPR AGIRs, Michel de Garine-Wichatitsky, Cirad UPR AGIRs, Nicolas Gaidet, Cirad UPR AGIRs, Celia Abolnik, Onderstepoort Veterinary Institute, Graeme S. Cumming, Percy Fitz Patrick Institute,University of Cape Town

Abstract

The ecology of hosts is crucial in understanding mechanisms of pathogens transmission and spread in complex multi-hosts systems. This paradigm is used to infer epidemiological interactions in the context of Avian Influenza Virus (AIV) maintenance and spread at the interface between wild and domestic birds in a southern African ecosystem.
We counted and sampled waterfowl community every two months during two years in the Chivero-Manyame catchment, an important wetland of Zimbabwe. We used the overlap in space and time of bird communities combined with ecological dynamic and non-dynamic risk factors to evaluate a risk of AIV maintenance in waterfowl and a risk of transmission of AIV to the domestic populations (backyard and intensive poultry, farmed ostriches) through the identification of potential "bridge species". We tested the validity of this risk model using: 1) AIV prevalence data in the waterfowl community estimated in parallel with counting; 2) AIV prevalence data in bridge species identified.
The waterfowl risk identified is related to the AIV prevalence but with time lag. Prevalence in the potential bridge species indicates that some of them can play a role as bridge species in the ecosystem.
We believe this protocol is a) reproducible using available bird census data and useful to explore AIV risk and identify wild bird species potentially acting as reservoir or spreader of pathogens at a local scale; b) can be used as a management tool to improve surveillance at a local level.

Annexe 18: Résumé présentation 10th AHEAD meeting, Hazyview, South Africa, 03.2010

Using the community of pathogens to infer inter-specific host epidemiological interactions at the wildlife/domestic interface A tool for exploring and anticipating emerging disease processes in their hot spots

Caron A.1,2,3, Morand S.2,4, de Garine-Wichatitsky M.1,2
1 UPR AGIRs, Centre International de Recherche Agricole pour le Développement, Montpellier, France
2 UPR AGIRs, Centre International de Recherche Agricole pour le Développement, Harare, Zimbabwe
3 Mammal Research Institute, University of Pretoria, Pretoria, South Africa
4 Institut des Sciences de l'Evolution, CNRS, Université de Montpellier 2, Montpellier, France

Abstract

The incidence of Emerging Infectious Diseases (EIDs) in human and domestic species has been increasing during the last decades (Cleaveland et al. 2001, Taylor et al. 2001, Jones et al. 2008). Zoonoses or domestic animal's pathogens linked with wildlife constitute a quarter of the list of pathogens in these studies. The sanitary surveillance is concentrated on human, domestic species and a few wildlife flagship species. As a result of this bias in surveillance the majority of EIDs' events remains unnoticed. From Jones et al. (3), EIDs' emergences can be described into 2 step process: 1) Emergence sensus stricto; 2) Amplification. We will concentrate on the first step, characterised by hot spots of biodiversity in tropical habitat where new pathogens emerge at the wildlife/domestic interface, in target species. The study of EIDs in these hot spots is practically difficult: necessity to work with multiple-host systems, in remote areas, required multidisciplinarity – epidemiology, ecology, social sciences-, lack of governmental investment in animal or public health etc. How does one get prepared to EIDs' events in such conditions in these areas where emeregence is likely to occur but when the spill-over to target species has not yet happened?
We define the concept of Epidemiological Interaction (EI) as any ecological interaction resulting in the transmission of pathogen between 2 hosts. EIs are defined by their frequency, intensity and direction. The use of host population dynamics, movements and contacts to determine a priori EIs has already been presented (Caron et al. 2009). Here, we suggest a different "pathogen approach" based on the shared community of pathogens between populations or species in a particular ecosystem as an a posteriori indicator of EIs. The study of prevalence data and molecular phylogeny of pathogen strains can highlight EI and help drawing a network of EI between host populations. We explore this idea through the recent emergence of bovine tuberculosis (bTB) on the Zimbabwean side of the GLTFCA (de Garine-Wichatitsky et al.). Can some ecological and epidemiological data about other pathogens (FMD, Brucellosis, tick-borne diseases, RVF, etc.) in this ecosystem help stakeholders to predict the spread of bTB in this ecosystem? If yes, in a resource-limited environment, the surveillance and control options can be targeted. We conclude by investigating the possibility of identifying ubiquitous pathogens which could be indicators – patho-indicators – of the EI network in a given ecosystem.

Annexe 19: Résumé poster ECOLOGIE meeting, Montpellier, 08.2010

Parasite community ecology and epidemiological interactions at the wildlife/domestic/human interface: can we anticipate emerging infectious diseases in their hotspots?

Caron A.1,2,3, Morand S1,4, de Garine-Wichatitsky M.1,2
1 UPR AGIRs, Centre International de Recherche Agricole pour le Développement, Montpellier, France
2 UPR AGIRs, Centre International de Recherche Agricole pour le Développement, Harare, Zimbabwe
3 Mammal Research Institute, University of Pretoria, Pretoria, South Africa
4 Institut des Sciences de l'Evolution, CNRS, Université de Montpellier 2, Montpellier, France

Abstract

Identified hotspots for emerging infectious diseases are often characterised by an extensive wildlife/domestic/human interface in tropical ecosystems, thus creating complex multi-hosts and multi-pathogens systems. How do we anticipate emerging events in these hotposts, when they have not yet occurred? The parasite communities shared by wild and domestic populations at this interface reflect both historical and ecological interactions between them. Using recent advances community ecology, evolutionary molecular biology, we present a research framework to identify potential pathways for future spillover of pathogens between hosts, in order to predict emergence of infectious diseases in domestic or human populations. Based on a comparative study of component communities between wild and domestic populations, inferred parasite transmissions in a specific ecosystem are represented as a network of interactions between host populations. This network is characterised by the frequency, intensity and direction of interactions which are estimated by presence/absence or abundance/prevalence data. The results of this network analysis can provide direct input for spatially targeted disease surveillance in the host population of the wildlife/domestic/human interface most at risk of being the object of an inter-specific spillover process.

Annexe 20: Résumé poster ECOLOGIE meeting, Montpellier, 08.2010

Estimating dynamic risk factors for pathogen transmission using community-level bird census data

Caron A.1,2, de Garine-Wichatitsky M.1, Gaidet N.1, Chiweshe N.1, Cumming G. S.3

1 CIRAD UR AGIRs, Department ES, Montpellier, France
2 Mammal Research Institute, Department Zoology and Entomology, University of Pretoria, South Africa
3 Percy Fitz Patrick Institute, DST/NRF Center of Excellence, University of Cape Town, Cape Town, South Africa

ABSTRACT

The ecology of hosts is crucial in understanding mechanisms of pathogens transmission and spread in complex multi-hosts systems. This paradigm is used in this article to infer epidemiological interactions in the context of Avian Influenza Virus (AIV) maintenance and spread at the interface between wild and domestic birds in an African ecosystem. We use the overlap in space and time of bird communities combined with ecological dynamic and non-dynamic risk factors to evaluate a risk of AIV maintenance and transmission between bird populations. The estimated global risk associated with waterfowl populations at a given time is then multiplied by the level of interactions with neighboring domestic production systems during the same period. This approach is used to produce hypotheses on the dynamics of circulation of AIV strains in waterfowl populations and on the potential "bridge" species at the wildlife/domestic interface. We believe this protocol is a) reproducible and useful to explore AIV risk and identify wild bird species potentially acting as reservoir or spreader of pathogens at a local scale; b) can be used as a management tool to improve surveillance at a local level.